

**Н.М. БЕЛОУС, В.Е. ТОРИКОВ,
О.В МЕЛЬНИКОВА, Г.П. МАЛЯВКО, Д.Г. КРОТОВ**

АГРОНОМИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Брянская область,
2015

УДК 63:54 (07)
ББК 40.4
Б 43

Белоус, Н.М. **Агрономическая химия**: Учебное пособие. / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, О.В. Мельникова, Г.П. Малявко, Д.Г. Кротов. – Брянск: Издательство Брянский ГАУ, 2015. – 139 с.

ISBN 978-5-88517-249-3

Учебное пособие «Агрономическая химия» (основы агрохимии) предназначено для студентов, осваивающих образовательные программы бакалавриата по направлению подготовки 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» и СПО 35.02.05 «Агрономия».

В учебном пособии рассмотрены вопросы взаимодействия растений, почвы и удобрений в процессе выращивания сельскохозяйственных культур, круговорот веществ в земледелии, рациональное и экологически безопасное использование удобрений с целью увеличения урожайности, улучшения качества продукции и повышения плодородия почв.

Рассмотрена экологическая роль «Агрономической химии» в процессе внедрения ресурсосберегающих технологий возделывания культурных растений, в создании с оптимальными условиями формирования высокого урожая качественной продукции.

Изложены практические вопросы сбалансированного питания сельскохозяйственных культур за счет применения органических, минеральных удобрений, химической мелиорации (известкование кислых и гипсование засоленных почв).

Рецензенты:

В.И. Титова - доктор с.-х. наук, профессор, заведующая кафедрой агрохимии и агроэкологии Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии;

В.Н. Дышко - доктор с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой технологии переработки сельскохозяйственной продукции Смоленской государственной сельскохозяйственной академии.

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссии Агроэкологического института Брянского ГАУ, протокол № 3 от 19 ноября 2015 г.

ISBN 978-5-88517-249-3

© Брянский ГАУ, 2015
© Белоус Н.М., 2015
© Ториков В.Е., 2015
© Мельникова О.В., 2015
© Малявко Г.П., 2015
© Кротов Д.Г., 2015

Содержание

Введение	5
1. Химический состав и питание растений. Состав сухого вещества.	
Органические вещества, определяющие качество урожая	6
1.1. Органогенные и зольные элементы. Макро- и микроэлементы. Внешние признаки голодания растений от недостатка элементов питания.....	8
1.2. Влияние макро- и микроэлементов на рост, развитие растений, величину и качество урожая сельскохозяйственных культур. Биологический и хозяйственный вынос основных питательных веществ на единицу товарной продукции. Влияние условий минерального питания на качество сельскохозяйственной продукции	11
1.3. Понятие о воздушном, некорневом и корневом питании растений ...	15
2. Агрохимические свойства почвы	23
2.1. Общее содержание и формы азота, фосфора и калия в почве, доступность элементов питания растениям.....	23
2.2. Характеристика агрохимических свойств основных типов почв: дерново-подзолистых, серых лесных, черноземов, каштановых, сероземов. Эффективность отдельных видов удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на различных типах почв	29
2.3. Понятие об агрохимических картограммах и паспортов полей, их использование для определения потребности в удобрениях и корректировки средних рекомендуемых доз удобрений. Роль удобрений в повышении эффективного плодородия почвы.....	32
3. Химическая мелиорация почв.....	33
3.1. Отношение различных сельскохозяйственных растений к реакции почв. Известкование кислых почв, взаимодействие извести с почвой. Определение степени нуждаемости почв в известковании. Установление ориентировочных норм извести	33
3.2. Виды известковых удобрений. Сроки и способы внесения извести. Экологическая роль известкования кислых почв	38
3.3. Гипсование почв. Материалы, применяемые для гипсования почв. Взаимодействие гипса с почвой и его влияние на ее свойства.....	40
4. Органические удобрения	42
4.1. Роль навоза как главного органического удобрения в повышении урожая сельскохозяйственных культур и плодородия почв. Состав твердых и жидких выделений животных	42
4.2. Навоз, навозная жижа и птичий помет. Подстилочный и бесподстилочный навоз, его выход, состав и удобрительная ценность в зависимости от подстилки, вида скота, условий кормления и содержания животных. Состав и выход навозной жижи. Хранение и транспортировка ...	44
4.3. Типы торфа, его агрохимическая характеристика и сельскохозяйственное использование. Торфяные компосты различных типов. Зеленое удобрение, его роль в обогащении почв органическим веществом и азотом. Растения - сидераты. Способы их использования на зеленое удобрение	

.....	52
4.4. Технология внесения органических удобрений. Дозы, сроки и способы внесения органических удобрений. Требования охраны труда и окружающей среды при производстве, хранении и применении органических удобрений	56
5. Минеральные удобрения	59
5.1. Классификация минеральных удобрений. Производство и ассортимент минеральных удобрений	59
5.2. Азотные удобрения, их ассортимент, способы получения. Жидкие азотные удобрения, их свойства, состав, превращение в почве и применение. Дозы, сроки, способы внесения азотных удобрений под различные сельскохозяйственные культуры, их влияние на урожай и качество продукции	60
5.3. Фосфорные удобрения, их ассортимент, способы получения. Свойства основных фосфорных удобрений, взаимодействие их с почвой и применение. Фосфоритование кислых почв. Приемы повышения эффективности фосфорных удобрений	65
5.4. Калийные удобрения, их ассортимент, способы получения. Сырые калийные соли. Промышленные калийные удобрения. Состав и свойства основных калийных удобрений. Превращение в почве и применение калийных удобрений. Условия эффективного применения калийных удобрений	69
5.5. Роль микроудобрений в повышении урожайности и качества продукции при внедрении современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Способы применения и дозы микроудобрений	72
5.6. Комплексные удобрения. Сложные и смешанные минеральные удобрения. Ассортимент сложных удобрений. Способы получения сложных удобрений. Агрономическая и экономическая эффективность использования сложных и смешанных минеральных удобрений	75
5.7. Транспортировка, хранение и технология внесения минеральных удобрений. Агроэкологические требования. Безопасность жизнедеятельности при работе с минеральными удобрениями	81
6. Система удобрения	86
6.1. Понятие о системе удобрения и уровнях интенсивности технологий. Почвенно-климатические условия применения удобрений. Сочетание органических и минеральных удобрений	86
6.2. Построение системы удобрения в севооборотах. Рекомендуемые варианты размещения удобрений в конкретных типичных севооборотах зоны. Способы внесения удобрений	89
6.3. Система удобрения для озимых и яровых зерновых культур. Удобрения для озимой ржи и пшеницы. Удобрения для яровых зерновых культур	97
6.4. Система удобрения для пропашных и технических культур. Удобрения для пропашных культур. Удобрения для технических культур. Удобрения лугов и пастбищ	110
Глоссарий	130
Список литературы	132
Приложения	133

ВВЕДЕНИЕ

Агрономическая химия, или агрохимия, - наука о взаимодействии растений, почвы и удобрений в процессе выращивания сельскохозяйственных культур, круговороте веществ в земледелии, рациональном экологически безопасном использовании удобрений с целью увеличения урожайности, улучшения качества продукции и повышения плодородия почв.

Выдающийся ученый в области агрохимии академик Д.Н. Прянишников (1865-1948) назвал задачами агрохимии изучение круговорота веществ в земледелии и выявление тех мер воздействия на химические процессы, протекающие в почве и растениях, которые могут повышать урожай или изменять его качество.

Цель агрохимии - создание наилучших условий питания растений с учетом знаний различных свойств почвы, видов и форм удобрений, особенностей их взаимодействия в системе: растение – почва – удобрение. При этом важно определить наиболее оптимальные сроки и способы применения наиболее эффективных видов и форм удобрений.

Агрономическая химия играет важную роль в процессе внедрения ресурсосберегающих технологий возделывания культурных растений, в создании оптимальных условий для формирования высокого урожая качественной продукции при благоприятных экологических последствиях.

В практике сельскохозяйственного производства более сбалансированное питание достигается путем применения органических, минеральных удобрений, химической мелиорации (известкование кислых и гипсование засоленных почв). Для сбалансированного питания растений требуется сбалансированное применение удобрений с учетом обеспеченности почв доступными формами элементов, знание всех почвенно-климатических факторов и особенностей питания различных сельскохозяйственных культур. Специалисты, работающие в агропромышленном комплексе, должны уметь управлять продуктивностью растений и качеством получаемой растительной продукции путем оптимального уровня минерального питания в течение всей их вегетации.

1. Химический состав и питание растений. Состав сухого вещества. Органические вещества, определяющие качество урожая

Выращенная продукция культурных растений состоит из воды и сухого вещества, которое представлено органическими и минеральными соединениями. Соотношение между количеством воды и сухого вещества в растениях, их органах и тканях колеблется в широких интервалах. Так, содержание сухого вещества в плодах огурцов, бахчевых культур может составлять до 5% общей их массы, в кочанах капусты, корнях редиса и турнепса - 7 - 10, корнеплодах столовой свеклы, моркови и луковицах лука - 10 - 15, в вегетативных органах большинства полевых культур - 15 - 25, корнеплодах сахарной свеклы и клубнях картофеля - 20 - 25, в зерне хлебных злаков и бобовых культур - 85 - 90, семенах масличных культур - 90 - 95%.

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

Сухое вещество растений на 90 - 95% представлено органическими соединениями - белками и другими азотистыми веществами, углеводами (сахарами, крахмалом, клетчаткой, пектиновыми веществами), жирами, содержание которых определяет качество урожая (табл. 1).

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

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

Таблица 1

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

Культура	Вода	Белки	Сырой протеин*	Жиры	Крахмал, сахара и другие углеводы, кроме клетчатки	Клетчатка	Зола
Пшеница (зерно)	12	14	16	2,0	65	2,5	1,8
Рожь (зерно)	14	12	13	2,0	68	2,3	1,6
Овес (зерно)	13	11	12	4,2	55	10,0	3,5
Ячмень (зерно)	13	9	10	2,2	65	5,5	3,0
Рис (очищенное зерно)	11	7	8	0,8	78	0,6	0,5
Кукуруза (зерно)	15	9	10	4,7	66	2,0	1,5
Гречиха (зерно)	13	9	11	2,8	62	8,8	2,0
Горох (зерно)	13	20	23	1,5	53	5,4	2,5
Фасоль (зерно)	13	18	20	1,2	58	4,0	3,0
Соя (зерно)	11	29	34	16,0	27	7,0	3,5

Подсолнечник (ядра)	8	22	25	50	7	5,0	3,5
Лен (семена)	8	23	26	35	16	8,0	4,0
Картофель (клубни)	78	1,3	2,0	0,1	17	0,8	1,0
Сахарная свекла (корнеплоды)	75	1,0	1,6	0,2	19	1,4	0,8
Кормовая свекла (корнеплоды)	87	0,8	1,5	0,1	9	0,9	0,9
Морковь (корнеплоды)	86	0,7	1,3	0,2	9	1,1	0,9
Лук репчатый	85	2,5	3,0	0,1	8	0,8	0,7
Клевер (зеленая масса)	75	3,0	3,6	0,8	10	6,0	3,0
Ежа сборная (зеленая масса)	70	2,1	3,0	1,2	10	10,5	2,9

* Сырой протеин включает белки и небелковые азотистые вещества.

Содержание белков в вегетативных органах растений обычно составляет 5 - 20% их массы, в семенах хлебных злаков – 6 - 20%, а в семенах бобовых и масличных культур – 20 - 35%. Белки имеют следующий довольно стабильный элементарный состав (в %): углерод – 51 - 55, кислород - 21 - 24, азот – 15 - 18, водород - 6,5 - 7, сера - 0,3 - 1,5.

В состав растительных белков входят 20 аминокислот и два амида. Особое значение имеет содержание в белках растений так называемых незаменимых аминокислот (валина, лейцина и изолейцина, треонина, метионина, гистидина, лизина, триптофана и фенилаланина), которые не могут синтезироваться в организме человека и животных. Эти аминокислоты люди и животные получают только с растительными пищевыми продуктами и кормами.

Азотистые небелковые соединения представлены в растениях минеральными соединениями (нитраты, аммоний) и органическими (среди которых преобладают свободные аминокислоты и амиды, хорошо усваиваемые в организмах животных и человека). Небольшая часть небелковых органических соединений в растениях представлена пептидами (построенными из ограниченного количества остатков аминокислот и поэтому в отличие от белков имеющими низкую молекулярную массу), а также пуриновыми и пиримидиновыми основаниями (входящими в состав нуклеиновых кислот).

Углеводы в растениях представлены сахарами (моносахарами и дисахаридами, содержащими молекулы моносахаров) и полисахаридами (крахмалом, клетчаткой, пектиновыми веществами).

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

Крахмал состоит из молекул глюкозы, соединенных между собой в полимерную цепь. В клубнях картофеля ранних сортов содержание крахмала 10 - 14%, средне- и позднеспелых – 16 - 22%. В зерне других хлебных злаков крахмала обычно 55 - 70%. В богатых белками семенах зернобобовых культур крахмала меньше, чем в семенах злаков; еще меньше крахмала в семенах масличных культур.

Клетчатка, или целлюлоза, - основной компонент клеточных стенок состоит из молекул глюкозы (в растениях она связана с лигнином, пектиновыми веществами и другими соединениями. В семенах пленчатых злаков (овса, риса, проса) клетчатки содержится 10 - 15%, а в неимеющих пленок (голозерных) семенах хлебных злаков, - 2 - 3%, в семенах зернобобовых культур - 3 - 5%, в корнеплодах и клубнях картофеля - около 1%. В вегетативных органах растений содержание клетчатки составляет от 25 до 40% на сухую массу.

Пектиновые вещества - высокомолекулярные полисахариды, содержащиеся в плодах, корнеплодах и растительных волокнах. Свойство пектиновых веществ в присутствии кислот и сахаров образовывать желе или студни используется в кондитерской промышленности.

Жиры и жироподобные вещества (липиды) являются структурными компонентами цитоплазмы растительных клеток, а у масличных культур выполняют роль запасных соединений. Семена масличных культур и сои используют для получения растительных жиров, называемых маслами.

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

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

В зависимости от вида и характера использования продукции ценность отдельных органических соединений может быть различной.

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

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

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

1.1. Органогенные и зольные элементы. Макро- и микроэлементы.

Внешние признаки голодания растений от недостатка элементов питания

Всего в растениях обнаружено более 70 элементов. Сухое вещество растений имеет в среднем следующий элементарный состав (в %): углерод - 45, кислород - 42, водород - 6,5, азот и зольные элементы - 6,5. На современном уровне развития научных данных около 20 элементов (в том числе углерод,

кислород, водород, азот, фосфор, калий, кальций, магний, сера, железо, бор, медь, марганец, цинк, молибден, ванадий, кобальт и йод) считаются, безусловно, необходимыми для растений. Без них невозможны нормальный ход жизненных процессов и завершение полного цикла развития растений. В отношении еще более 10 элементов (в том числе кремния, алюминия, фтора, лития, серебра и др.) имеются сведения об их положительном действии на рост и развитие растений. Эти элементы считаются условно необходимыми.

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

При сжигании растительного материала остаются многочисленные «зольные» элементы, на долю которых приходится в среднем около 5% массы сухого вещества. Состав зольных элементов у растений также имеет существенные различия (табл. 2).

Таблица 2

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

Культура	P ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄	Na ₂ O	SiO ₂
Пшеница							
Зерно	48	30	3	12	5	2	2
Солома	10	30	20	6	3	3	20
Горох							
Зерно	30	40	5	6	10	1	1
Солома	8	25	35	8	6	2	10
Картофель							
Клубни	16	60	3	5	6	2	2
Ботва	8	30	30	12	8	3	2
Сахарная свекла							
Корни	15	40	10	10	6	10	2
Ботва	8	30	15	12	5	25	2
Подсолнечник							
Семена	40	25	7	12	3	3	3
Стебли	3	50	15	7	3	2	6

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

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

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

Недостаток азота особенно резко сказывается на росте вегетативных органов, ограничивает образование органов плодоношения и ведет к снижению урожая и уменьшению количества белка в продукции. Азотное голодание вызывает мелколистность и окрашивание листьев в бледно-зеленый, желто-зеленый или желтые цвета. Наблюдается хлороз листьев.

При недостатке фосфора цвет листьев становится темно-зеленым и голубым, появляются бурые и фиолетовые пятна, на месте которых впоследствии образуются некрозы.

Недостаток калия проявляется при возделывании более требовательных к этому элементу картофеля, корнеплодов, капусты, силосных культур и многолетних трав. Зерновые злаки при остром дефиците калия плохо кустятся, междоузлия стеблей укорачиваются, а листья, особенно нижние, увядают даже при достаточном количестве влаги в почве. Растения желтеют, буреют и отмирают края нижних листьев.

При недостатке кальция старые листья желтеют и отмирают, а у верхних белеет кончик; наблюдается гниль плодов.

Дефицит бора вызывает поражение сердцевинной гнилью корнеплодов, появление дуплистости корней. Лен при недостатке бора поражается бактериозом. У подсолнечника острый дефицит бора вызывает полное отмирание точки роста либо при более позднем проявлении недостатка бора наблюдается ненормальное развитие цветков, пустоцвет и снижение урожая семян. При борном голодании бобовых нарушается развитие клубеньков на корнях и снижается симбиотическая фиксация молекулярного азота из атмосферы, замедляются рост и формирование репродуктивных органов. Картофель при недостатке бора поражается паршой, у плодовых деревьев появляется суховершинность, развиваются наружная пятнистость и опробкование тканей плодов.

Острый дефицит магния вызывает «мраморовидность» листьев, их скручивание и пожелтение.

Недостаток доступной растениям меди на осушенных торфяно - болотных почвах с нейтральной или щелочной реакцией вызывает болезнь «белую чуму» у зерновых культур. Пораженные растения совсем или частично не образуют колосов или метелок, а образующиеся соцветия бесплодны либо слабо озернены.

От дефицита цинка на концах молодых побегов образуются мелкие листья, располагающиеся в форме розетки. При сильном поражении ветви отмирают, что приводит к появлению «суховершинности».

Недостаток азота, фосфора, калия, магния проявляется на нижних, более старых листьях. Кальций, сера, хлор, бор и многие другие микроэлементы утилизируются слабее, поэтому недостаток их проявляется сначала в точках роста и на молодых листьях.

В целях своевременного обнаружения недостатка элементов минерального питания применяются химическая (тканевая и листовая) диагностика. Концентрацию NPK в тканях растений можно установить по интенсивности окрашивания сока растений в поле с помощью переносной лаборатории «Тканевая диагностика» ОП – 2 «Церлинг» и другим приборам, используя принятые экспресс-методы.

1.2. Влияние макро- и микроэлементов на рост, развитие растений, величину и качество урожая сельскохозяйственных культур. Биологический и хозяйственный вынос основных питательных веществ на единицу товарной продукции. Влияние условий минерального питания на качество сельскохозяйственной продукции

Несмотря на резкие различия в количественной потребности, функции каждого необходимого макро- и микроэлемента в растениях строго специфичны, ни один элемент не может быть заменен другим. Недостаток любого макро- или микроэлемента приводит к нарушению обмена веществ и физиологических процессов у растений, ухудшению их роста и развития, снижению урожая и его качества. При остром дефиците элементов питания у растений появляются характерные признаки голодания.

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

Уровень азотного питания определяет размеры и интенсивность синтеза белка и других азотистых органических соединений в растениях и, следовательно, ростовые процессы. При нормальном снабжении азотом листья темно-зеленые, растения хорошо кустятся, формируют мощный ассимиляционный стеблевой и листовой аппарат, а затем полноценные репродуктивные органы.

Избыток азота у корне- и клубнеплодов приводит к израстанию растений в ботву, а у зерновых и льна — к полеганию посевов.

Фосфор играет исключительно важную роль в процессах обмена энергии в растительных организмах. Энергия солнечного света в процессе фотосинтеза и энергия, выделяемая при окислении ранее синтезированных органических соединений в процессе дыхания, аккумулируется в растениях в виде энергии фосфатных связей у так называемых макроэргических соединений, важнейшим из которых является аденозинтрифосфорная кислота (АТФ). Накопленная в АТФ при фотосинтетическом и окислительном фосфорилировании энергия используется для всех жизненных процессов роста и развития растения, поглощения питательных веществ из почвы, синтеза органических соединений, их транспорта. При недостатке фосфора нарушается обмен энергии и веществ в растениях.

У зерновых злаков дефицит фосфора снижает кущение и образование плодородных стеблей. Усиленное снабжение растений фосфором ускоряет их развитие и позволяет получать более ранний урожай, одновременно улучшается качество продукции.

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

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

Кальций в отличие от азота, фосфора, калия не может повторно использоваться (реутилизироваться), поэтому признаки кальциевого голодания проявляются, прежде всего, на молодых листьях.

Магний входит в состав хлорофилла, участвует в передвижении фосфора в растениях и углеводном обмене, влияет на активность окислительно-восстановительных процессов.

Сера имеет важное значение в жизни растений. Основное количество ее в растениях находится в составе белков (сера входит в состав аминокислот цистеина, цистина и метионина) и других органических соединений — ферментов, витаминов, горчичных и чесночных масел. Сера принимает участие в азотном, углеводном обмене растений и процессе дыхания, синтезе жиров. *Железо* входит в состав окислительно-восстановительных ферментов растений и участвует в синтезе хлорофилла, процессах дыхания и обмена веществ. *Бор* оказывает большое влияние на углеводный, белковый и нуклеиновый обмен, ряд других биохимических процессов в растениях. При его недостатке нарушаются синтез и особенно передвижение углеводов, формирование репродуктивных органов, оплодотворение и плодоношение. Бор не может реутилизироваться в растениях, поэтому при его недостатке страдают молодые растущие органы, происходит отмирание точек роста.

Более требовательны к бору и чувствительны к его недостатку корнеплоды, подсолнечник, бобовые, лен, картофель и овощные растения.

Молибдену принадлежит исключительная роль в азотном питании растений. Он участвует в процессах фиксации молекулярного азота (бобовыми в симбиозе с клубеньковыми бактериями и свободноживущими почвенными азотфиксирующими микроорганизмами) и восстановлении нитратов в растениях. Недостаток молибдена при больших дозах азота может приводить к накоплению в растениях, особенно овощных и кормовых, повышенных количеств нитратов, токсичных для животных и человека.

Марганец входит в состав окислительно-восстановительных ферментов, участвующих в процессах дыхания, фотосинтеза, углеводного и азотного обмена растений. Он играет важную роль в усвоении нитратного и аммонийного азота растениями. Наиболее чувствительны к недостатку марганца и требовательны к его наличию в доступной форме в почве свекла и другие корнеплоды, картофель, злаковые, а также яблоня, черешня и малина.

Медь также входит в состав целого ряда окислительно-восстановительных ферментов и принимает участие в процессах фотосинтеза, углеводного и белкового обмена. При недостатке меди резко снижается урожай зерна, а при остром медном голодании наблюдается полное отсутствие плодоношения.

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

Кобальт — микроэлемент, необходимый для биологической фиксации молекулярного азота и являющийся компонентом витамина В₁₂. При низком содержании кобальта в кормах у животных развивается анемия, резко снижается аппетит и падает продуктивность.

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

Такие макроэлементы, как кальций, магний и сера, обычно содержатся в большинстве почв в количествах, достаточных для обеспечения растений. Они вносятся в почву с известью и гипсом, органическими и минеральными удобрениями.

Для улучшения питания сельскохозяйственных культур в полевых условиях чаще всего необходимо внесение азота, фосфора и калия. Общий вынос этих питательных веществ с урожаем сельскохозяйственных культур и соотношение потребляемых элементов питания сильно различаются (табл. 3).

Таблица 3

Примерный вынос основных элементов питания с урожаем сельскохозяйственных культур

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

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

Относительное содержание элементов минерального питания в основной и побочной продукции разнообразных сельскохозяйственных культур определяется их видовыми особенностями, но зависит от сорта и условий выращивания. Содержание азота и фосфора значительно выше в хозяйственно ценной части урожая - зерне, корне- и клубнеплодах, чем в соломе и ботве. Калия же больше содержится в соломе и ботве, чем в товарной части урожая (табл. 4).

Таблица 4

Содержание азота, фосфора и калия в сельскохозяйственных растениях,
в % на сухое вещество

Пшеница озимая	Зерно	2,80	0,85	0,50
	Солома	0,45	0,20	0,90
Пшеница яровая	Зерно	3,40	0,85	0,60
	Солома	0,67	0,20	0,75
Ячмень	Зерно	2,10	0,85	0,55
	Солома	0,50	0,20	1,00
Кукуруза	Зерно	1,91	0,57	0,37
	Солома	0,75	0,30	1,64
Горох	Зерно	4,50	1,00	1,25
	Солома	1,40	0,35	0,50
Лен	Семена	4,00	1,35	1,00
	Солома	0,62	0,42	0,97
Подсолнечник	Семена	2,61	1,39	0,96
	Целое растение	1,56	0,76	5,25

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

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

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

В урожае зерновых колосовых культур соотношение $N : P_2O_5 : K_2O$ колеблется в относительно небольших пределах и составляет 2,5—3,0 : 1 : 1,8—2,6, т. е. в среднем потребление азота в 2,8 раза, а калия в 2,2 раза больше, чем фосфора (табл. 5).

Таблица 5

Среднее соотношение $N:P_2O_5:K_2O$ в урожае различных культур

Культура	N	P_2O_5	K_2O
Зерновые колосовые	2,8	1	2,2
Картофель	2,5—3,5	1	4—4,5
Сахарная свекла	2,5—3,5	1	3,5—5,0
Кормовая свекла	3,5—4,5	1	4,5—6,0

Для сахарной свеклы, кормовых и овощных корнеплодов, картофеля, подсолнечника, капусты и ряда других культур характерно гораздо большее поглощение калия, чем азота, и соотношение $N:P_2O_5:K_2O$ может составлять 2,5—3,5 : 1 : 3,5—5,0. При выращивании корне- и клубнеплодов, подсолнечника в зависимости от условий возделывания может сильно изменяться структура урожая и наблюдаются резкие различия в размерах потребления основных эле-

ментов питания и соотношении между ними. Например, в лесостепных районах на каждые 100 ц урожая корнеплодов и соответствующего количества ботвы сахарная свекла потребляет 50кг N, 15P₂O₅ и 60кг K₂O. В Нечерноземной зоне свекла формирует большее количество ботвы и на каждые 100 ц корнеплодов потребляется 80—100кг N, 35кг P₂O₅ и 145кг K₂O.

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

1.3. Понятие о воздушном, некорневом и корневом питании растений

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

Воздушное питание. Фотосинтез является основным процессом, приводящим к образованию органических веществ в растениях. При фотосинтезе солнечная энергия в зеленых частях растений, содержащих хлорофилл, превращается в химическую энергию, которая используется на синтез углеводов из углекислого газа и воды. На световой стадии процесса фотосинтеза происходит реакция разложения воды с выделением кислорода и образованием богатого энергией соединения (АТФ) и восстановленных продуктов. Эти соединения участвуют на следующей темновой стадии в синтезе углеводов и других органических соединений из CO₂.

При образовании в качестве продукта простых углеводов (гексоз) суммарное уравнение фотосинтеза выглядит следующим образом:



Путем дальнейших превращений из простых углеводов в растениях образуются более сложные углеводы, а также другие безазотистые органические соединения. Синтез аминокислот, белка и других органических азотсодержащих соединений в растениях осуществляется за счет минеральных соединений азота (а также фосфора и серы) и промежуточных продуктов обмена — синтеза и разложения — углеводов. На образование разнообразных сложных органических веществ, входящих в состав растений, затрачивается энергия, аккумулированная в виде макроэргических фосфатных связей АТФ (и других макроэргических соединений) при фотосинтезе и выделяемая при окислении — в процессе дыхания — ранее образованных органических соединений.

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

При фотосинтезе растения усваивают углекислоту, поступившую через

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

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

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

Корневая система растений и ее поглощательная способность. Мощность корневой системы, ее строение и характер распределения в почве у разных видов растений резко различаются. Активная часть корней, благодаря которой происходит поглощение элементов минерального питания из почвы, представлена молодыми растущими корешками. По мере нарастания каждого отдельного корешка верхняя его часть утолщается, покрывается снаружи опробковевшей тканью и теряет способность к поглощению питательных веществ. Рост корня происходит у самого его кончика, защищенного корневым чехликом.

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

Корневые волоски представляют собой тонкие выросты наружных клеток с диаметром 5—72 мкм и длиной от 80 до 1500 мкм. За счет образования корневых волосков резко, в десятки раз, возрастает деятельная, способная к поглощению питательных веществ поверхность корневой системы, находящаяся в контакте с почвой.

Влияние корневой системы распространяется на большой объем почвы благодаря постоянному росту корней и возобновлению корневых волосков. Старые корневые волоски (продолжительность жизни каждого корневого волоска составляет несколько суток) отмирают, а новые непрерывно образуются уже на других участках растущего корешка. На том участке корня, где корневые волоски отмерли, кожица пробковевает, поступление воды и поглощение питательных веществ из почвы через нее ограничивается. Скорость роста корней

у однолетних полевых культур может достигать 1 см в сутки. Растущие молодые корешки извлекают необходимые ионы из почвенного раствора на расстоянии от себя до 20 мм, а поглощенные почвой ионы до 2—8 мм.

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

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

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

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

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

Схематически процесс поступления элементов питания в корневую систему растений выглядит следующим образом. К внешней поверхности цитоплазматической мембраны корневых волосков и наружных клеток молодых ко-

решков ионы минеральных солей передвигаются из почвенного раствора с током воды и за счет процесса диффузии.

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

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

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

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

Если в растворе присутствует NH_4Cl , то растения будут интенсивнее и в больших количествах поглощать (в обмен на ионы водорода) катионы NH_4 , поскольку они используются для синтеза аминокислот, а затем и белков. В то же время ионы Cl необходимы растению в небольшом количестве, и поэтому поглощение их будет ограниченным. В почвенном растворе в этом случае будут накапливаться ионы HCl (соляная кислота), произойдет его подкисление.

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

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

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

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

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

Влияние условий внешней среды и микроорганизмов на поглощение питательных веществ растениями. Поглощение растениями питательных ве-

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

В разные периоды роста растения предъявляют неодинаковые требования

к условиям внешней среды, в том числе и к питанию. Поглощение растениями азота, фосфора и калия в течение вегетации происходит неравномерно.

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

В начальный период развития растения потребляют относительно небольшие абсолютные количества всех питательных веществ, но весьма чувствительны как к недостатку, так и к избытку их в растворе.

Начальный период роста — критический в отношении фосфорного питания. Недостаток фосфора в раннем возрасте настолько сильно угнетает растения, что урожай резко снижается даже при обильном питании фосфором в последующие периоды (табл. 6).

Таблица 6

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

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

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

Размеры потребления всех элементов питания растениями значительно возрастают в период интенсивного роста надземных органов — стеблей и листьев. Темпы накопления сухого вещества могут опережать поступление питательных веществ, а относительное их содержание в растениях снижается по сравнению с предшествующим периодом. Ведущая роль в ростовых процессах принадлежит азоту. Повышенное азотное питание способствует усиленному росту вегетативных органов, формированию мощного ассимиляционного аппарата. Недостаток же азота в этот период приводит к угнетению роста, а в последующем — к снижению урожая и его качества.

Ко времени цветения и начала плодообразования потребность в азоте у большинства растений уменьшается, но возрастает роль фосфора и калия. Это обусловлено физиологической ролью последних — их участием в синтезе и передвижении органических соединений, обмене энергии, особенно интенсивно

происходящих при формировании репродуктивных органов и образовании запасных веществ в товарной части урожая.

В период плодообразования, когда нарастание вегетативной массы заканчивается, потребление всех питательных веществ постепенно снижается, а затем их поступление приостанавливается. Дальнейшее образование органического вещества и другие процессы жизнедеятельности обеспечиваются в основном за счет повторного использования (реутилизации) питательных веществ, ранее накопленных в растении. Различные сельскохозяйственные культуры отличаются по размерам и интенсивности поглощения питательных элементов в течение вегетационного периода.

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

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

Вопросы для самоконтроля

1. Что изучает предмет «Агрохимия»? Основные цели и задачи агрохимии.
2. Каков элементарный состав сухого вещества?
3. Перечислите органогенные и зольные элементы.
4. Назовите признаки голодания растений от недостатка элементов питания.
5. Какое влияние оказывают макро- и микроэлементов на рост, развитие растений, величину и качество урожая сельскохозяйственных культур?
6. Что понимается под биологическим и хозяйственным выносом основных питательных веществ на единицу товарной продукции?
7. Как влияют условия минерального питания на качество сельскохозяйственной продукции?
8. Как происходит воздушное, некорневое и корневое питание растений?

2. Агрехимические свойства почвы

2.1. Общее содержание и формы азота, фосфора и калия в почве, доступность элементов питания растениям

Почва состоит из твердой, жидкой (почвенный раствор) и газовой (почвенный воздух) фаз. Почвенный воздух отличается от атмосферного повышенным содержанием углекислого газа (в среднем около 1%, иногда до 2—3% и более) и меньшим — кислорода. Состав почвенного воздуха зависит от интенсивности газообмена между почвой и атмосферой. Образование углекислого газа в почве происходит в результате разложения органического вещества микроорганизмами и дыхания корней. Образующийся углекислый газ частично выделяется из почвы в атмосферу, улучшая воздушное питание растений, а частично растворяется в почвенной влаге, образуя угольную кислоту ($H_2O + CO_2 = H_2CO_3$). Последняя вызывает подкисление раствора, в результате чего усиливается растворение и перевод в усвояемую для растений форму содержащихся в почве нерастворимых минеральных соединений P, K, Ca, Mg и др.

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

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

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

Огромное значение для питания и роста растений, как уже указывалось ранее, имеет реакция почвенного раствора. От концентрации и степени диссоциации растворенных веществ зависят осмотическое давление почвенного раствора и поглощение воды корнями растений. Осмотическое давление почвенного раствора в незаселенных почвах значительно ниже, чем в клеточном соке растений. На засоленных почвах с большим осмотическим давлением поглощение воды культурными растениями затрудняется.

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

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

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

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

Таблица 7

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

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

• В скобках указано ориентировочное содержание элемента.

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

Наиболее распространен в почве первичный силикатный минерал кварц (SiO_2 , двуокись кремния). Содержание его во всех почвах превышает 60%, а в легких песчаных достигает 90% и более. Кварц характеризуется большой механической прочностью и устойчивостью к химическому выветриванию, он не участвует в химических реакциях в почве.

Из первичных алюмосиликатных минералов в почве широко распространены калиевые и натриевокалиевые полевые шпаты, в меньшей степени — калийная и железисто-магнезиальные слюды. Постепенно разрушаясь, эти мине-

ралы служат источником калия, кальция, магния и железа для растений.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

кальция, калия, магния; в результате эти элементы переходят в доступную для растений форму.

Гумусовые вещества наряду с мелкодисперсными минеральными частицами почвы участвуют в адсорбционных процессах, определяют поглотительную способность почвы и ее буферность.

Органическое вещество служит источником питания и энергетическим материалом для большинства почвенных микроорганизмов. Гумусовые вещества почвы труднее подвергаются минерализации, чем органические соединения растительных остатков и негумифицированных веществ. Однако при длительном возделывании сельскохозяйственных культур без внесения удобрений может происходить значительное уменьшение общего количества гумуса и азота в почве.

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

Содержание основных элементов питания в почвах и их доступность растениям. Разные типы почв отличаются по содержанию основных элементов питания (табл. 8).

Таблица 8

Валовое содержание азота, фосфора и калия в пахотном слое почв

Почвы	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	%		
Дерново-подзолистые: песчаная	0,02—0,05	0,6—1,5	0,03—0,06
суглинистая	0,05—0,13	1,5—4,0	0,04—0,12
Черноземы	0,2—0,5	6—15	0,1—0,3
Сероземы	0,05—0,15	1,5—4,5	0,08-0,2
	т/га		
Дерново-подзолистые: песчаная	0,9-1,8	0,5—0,7	15-21
суглинистая	1,2-3,6	1,5—2,5	45-75
Черноземы	3-9	2—2,5	60-75
Сероземы	1,6-6	2,5-3	75-90

Общий запас азота, фосфора и калия в большинстве почв составляет значительные величины, в десятки и сотни раз превышающие вынос их урожаем одной культуры. Однако основная масса питательных веществ находится в почве в виде соединений, недоступных для непосредственного питания растений. Валовой запас питательных веществ в почве характеризует лишь ее потенциальное плодородие. Для оценки эффективного плодородия почвы, действительной способности ее обеспечивать высокую урожайность сельскохозяйственных культур важное значение имеет содержание питательных веществ в доступных для растений формах.

Для питания растений доступны только те питательные вещества, кото-

рые находятся в почве в форме соединений, растворимых в воде и слабых кислотах, а также в обменно - поглощенном состоянии. Мобилизация питательных веществ, переход труднорастворимых соединений в усвояемую форму постоянно происходят в почве под влиянием биологических, физико-химических и химических процессов.

Содержание усвояемых форм питательных веществ зависит от типа почвы, ее окультуренности и предшествующей удобренности. Для научно-обоснованного применения удобрений важное значение имеют агрохимические анализы почв для определения подвижных форм азота, фосфора и калия, которые проводятся аккредитованными агрохимическими лабораториями.

Результаты анализов почвы оформляют в виде агрохимических картограмм, на которых различными цветами выделяют площади с разной степенью обеспеченности подвижными формами N, P и K.

Анализ почвы на азот из-за отсутствия надежного и простого метода определения доступных его форм проводится еще редко.

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

По степени обеспеченности почвы подразделяют на шесть классов: очень низкая (I), низкая (II), средняя (III), повышенная (IV), высокая (V) и очень высокая (VI) (табл. 10). В настоящее время также разработана дополнительная шкала обеспеченности почв подвижным фосфором и обменным калием (табл.10).

Таблица 9

Группировка почв по обеспеченности подвижными формами фосфора

№ группы	Рекомендуемый цвет раскраски	Содержание подвижного фосфора	По методу		
			Кирсанова	Чирикова	Мачигина
			P ₂ O ₅ , мг/кг почвы		
1.	Бирюзовый	Очень низкое	Менее 25	Менее 20	Менее 10
2.	Светло-голубой	Низкое	26-50	21-50	11-15
3.	Голубой	Среднее	51-100	51-100	16-30
4.	Светло-синий	Повышенное	101-150	101-150	31-45
5.	Синий	Высокое	151-120	151-120	46-60
6.	Темно-синий	Очень высокое	Более 250*	Более 200*	Более 60*

Дополнительная группировка почв по содержанию подвижного фосфора, определяемого по методам Кирсанова, Чирикова, Мачигина

Группы	Методы определения			Группы	Метод Эгнера-Рима
	Кирсанова	Чирикова	Мачигина		
6.	251-500	201-500	61-100	4.	141-200
7.	501-1000	501-1000	101-200	5.	201-300
8.	1001-2000	1001-2000	201-300	6.	301-400
9.	2001-3000	2001-3000	301-400	7.	401-500
10.	> 3000	> 3000	>400	8.	>500

*При этих содержаниях рекомендуется определять степень подвижных фосфатов.

Важно правильно использовать удобрения. Даже в одном и том же хозяйстве, не говоря уже о хозяйствах, расположенных в разных почвенно-климатических зонах, нельзя пользоваться единой системой удобрения. Дозы, сроки и способы внесения удобрений зависят не только от возделываемой культуры, но и от свойств почвы. Поэтому нужно иметь данные по основным агрохимическим свойствам почвы каждого хозяйства.

Прежде всего, нужно определить *почвенную разность*: чернозем, дерново-подзолистая, солонец, болотная почва и т. д. Для правильного применения удобрений очень важно также знать механический состав, содержание в ней гумуса и доступных для растений питательных веществ.

Дозы азотных, фосфорных, калийных удобрений и извести на этих участках следует устанавливать по данным химических анализов почвы, а также с учетом данных полевых опытов.

На агрохимических картограммах изображаются обычно такие показатели плодородия, как кислотность и содержание питательных веществ, причем только верхнего, пахотного горизонта почвы. Эти показатели наиболее быстро изменяются под влиянием растений, агротехнических приемов, удобрений и т. д. Поэтому примерно через каждые 5 лет составляют новые агрохимические картограммы.

Лучше всего хозяйствам иметь несколько агрохимических картограмм. Одна показывает содержание в пахотном слое почвы фосфора (картограмма потребности в фосфорных удобрениях), вторая - калия (картограмма потребности в калийных удобрениях), третья характеризует кислотность почвы (картограмма известкования).

Более точные дозы удобрений под отдельные культуры можно установить, только проведя полевые опыты с растениями. Имея агрохимические картограммы, значительно легче уточнить дозы удобрений под отдельные культуры.

В настоящее время широко используются системы GPS-навигации при отборе почвенных проб, составлении картограмм и их применение при внесении расчетных норм удобрений и их корректировки.

2.2. Характеристика агрохимических свойств основных типов почв: дерново-подзолистых, серых лесных, черноземов, каштановых, сероземов.

Эффективность отдельных видов удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на различных типах почв

Дерново-подзолистые почвы имеют кислую реакцию, значительную обменную кислотность (1—2 ммоль-экв на 100г), 80—90% величины которой приходится на обменную А1, а также гидролитическую кислотность (3—6 ммоль-экв на 100г), низкую емкость поглощения (5—15 ммоль-экв) и степень насыщенности основаниями (30—70%). Большая часть этих почв нуждается в известковании. Для дерново-подзолистых почв характерно низкое содержание гумуса, общего азота и фосфора и резкое снижение их количества с глубиной профиля. Агрохимические свойства этих почв сильно варьируют в зависимости от механического состава и степени окультуренности (табл. 11).

Таблица 11

Агрохимическая характеристика дерново-подзолистых почв

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

Большинство дерново-подзолистых почв характеризуется сравнительно низким содержанием усвояемых (минеральных) форм азота и подвижного фосфора, а песчаные и супесчаные почвы — также и калия.

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

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

Серые лесные почвы в зависимости от мощности гумусового горизонта, содержания гумуса и выраженности признаков оподзоливания подразделяют на светло-серые, серые и темно-серые, отличающиеся по агрохимическим свойствам (табл. 12).

Агрохимические свойства серых лесных почв

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

Продолжение

Подтип	Гидролитическая кислотность	Сумма обменных оснований	Степень насыщенности, V, %	Подвижный фосфор	обменный калий
	ммоль-экв на 100 г			мг на 1 кг почвы	
Светло-серые	2,3—3,8	10—18	72—82	60	100
Серые	2,9—3,5	14—25	76—87	80	130
Темно-серые	2,3-5,4	20—36	80—86	120	150

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

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

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

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

У выщелоченных черноземов гидролитическая кислотность достигает часто 3—5 ммоль-экв на 100 г. Все подтипы черноземов богаты калием, общее содержание его равно 2,5—3%, а валовой запас 45—60 т на 1 га. Несмотря на высокое потенциальное плодородие черноземов, обеспеченность их усвояемыми формами азота и подвижным фосфором, особенно старопахотных и слабоудобрявшихся почв, очень часто невысокая. Поэтому на этих почвах наблюдается высокая эффективность фосфорных, а при более благоприятных условиях увлажнения — и азотных удобрений. Минеральные удобрения эффективнее в более увлажненных западных районах Черноземной зоны, в восточных районах

(параллельно с ухудшением условий увлажнения) эффективность их снижается.

Каштановые почвы подразделяют на темно-каштановые, каштановые и светло-каштановые, которые отличаются по агрохимическим свойствам (табл. 14). Темно-каштановые почвы — переходные от черноземных к каштановым. Мощность гумусового горизонта достигает 45 см с постепенным уменьшением содержания гумуса по профилю. Карбонатный горизонт залегает на глубине 45—50 см. Реакция почвы слабощелочная, легкорастворимых солей мало и залегают они глубже 2—2,5 м.

У каштановых и светло-каштановых почв, которые распространены в более засушливых районах сухих степей, меньше мощность гумусового горизонта, ниже содержание гумуса и общего азота; более резкое снижение их с глубиной, карбонатный горизонт залегает выше (на глубине 30—40 и 25—30 см), реакция слабощелочная и щелочная (рН 7,2—8,0).

Таблица 13

Агрохимические свойства каштановых почв

Подтип	Мощность гумусового горизонта, см	Содержание органического вещества, %	N _{вал} , %	Общий фосфор, %	рН _{ксл}	Сумма обменных катионов, ммоль-экв на 100г
Темно-каштановая	35—45	4-5	0,2—0,3	0,1—0,2	7—7,2	30—35
Каштановая	30—40	3—4	0,15—0,20	1,1—0,2	7,2-7,5	20—13
Светло-каштановая	25—30	2-3	0,10—0,15	0,08—0,15	7,4—8	12—15

Среди светло-каштановых почв много солонцеватых и сильносолонцеватых разновидностей. Для каштановых почв характерна различная степень засоления, но солевой горизонт обычно расположен на глубине 1 м и ниже. Из верхнего горизонта водорастворимые соли вымыты, содержание их (главным образом бикарбонатов Са и Mg) небольшое (сотые доли %). В солевом горизонте из водорастворимых солей преобладают сульфаты и хлориды. Каштановые почвы богаты калием, но имеют низкую обеспеченность подвижными формами азота и фосфора. Однако эффективность минеральных удобрений на этих почвах из-за недостатка влаги обычно низкая. В условиях богарного земледелия рекомендуется внесение небольших доз фосфорных удобрений в рядки при посеве зерновых культур. При орошении эффективность азотных и фосфорных удобрений резко повышается, но калийные удобрения малоэффективны. Для повышения плодородия солонцевых почв и солонцов рекомендуется применение гипса.

Сероземы подразделяются на три подтипа: светлые, типичные (обыкновенные) и темные. Земледелие на этих почвах ведется при орошении (без орошения возможно лишь на темных сероземах). Сероземы характеризуются высокой карбонатностью, малогумусностью и низким содержанием азота. Содержание гумуса в слое 0 - 20 см у светлых сероземов 1-1,5%, типичных - 1,5 - 3, темных - до 4-5%, а общее содержание азота соответственно 0,07-0,12%, 0,1-0,2, 0,35-40%. Валовой запас гумуса в слое 0-20 см колеблется от 30-40 у светлых

сероземов до 120-150т на 1га у темных, а запас азота от 2-4 до 8-10т на 1га.

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

Сероземы имеют слабощелочную реакцию (рН 7,2-8,0), относительно низкую емкость поглощения (9-10 ммоль-экв у светлых, 12-15 - у типичных и 18-20 ммоль-экв на 100 г у темных сероземов). Из суммы обменно-поглощенных катионов 80-90% составляет Ca^{2+} , 10-15% Mg^{2+} и 5-8% K^{+} и Na^{+} . Для орошаемых сероземов характерна высокая биологическая активность и нитрификационная способность, но образующиеся нитраты интенсивно мигрируют (при поливах) по профилю почвы. Для повышения плодородия этих почв крайне важно систематическое применение органических и минеральных удобрений.

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

2.3. Понятие об агрохимических картограммах и паспортов полей, их использование для определения потребности в удобрениях и корректировки средних рекомендуемых доз удобрений. Роль удобрений в повышении эффективного плодородия почвы

Картограмма — схематическая сельскохозяйственная карта. Агрономические картограммы в зависимости от содержания могут быть расшифровывающими и рекомендующими.

Рис. 2. Картограмма обеспеченности почв органическим веществом.

Брянская область. Навлинский район. Результаты обследования 2013г.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте характеристику общего содержания азота, фосфора и калия в почве и их доступности растениям
2. Какие агрохимическими свойствами характеризуются дерново-подзолистые, серые лесные, черноземы, каштановые почвы и сероземы?
3. Какова эффективность удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на различных типах почв?
4. Дайте понятие об агрохимических картограммах и паспортов полей, их использовании для определения потребности в удобрениях и корректировки средних рекомендуемых доз удобрений.
5. Назовите роль удобрений в повышении эффективного плодородия почвы.

3. Химическая мелиорация почв

3.1. Отношение различных сельскохозяйственных растений к реакции почв.

Известкование кислых почв, взаимодействие извести с почвой.

Определение степени нуждаемости почв в известковании.

Установление ориентировочных норм извести

В нашей стране известкование является важнейшим условием интенсификации сельскохозяйственного производства на кислых почвах, повышения их плодородия и эффективности минеральных удобрений.

Отношение различных растений к реакции почвы и известкованию

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

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

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

Чувствительны к повышенной кислотности пшеница, ячмень, кукуруза, подсолнечник, все бобовые культуры, за исключением люпинов и сераделлы, огурцы, лук, салат. Они лучше растут при слабокислой или нейтральной реакции (рН 6-7) и хорошо отзываются на известкование не только сильно- но и среднекислых почв.

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

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

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

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

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

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

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

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

В кислых почвах уменьшается подвижность молибдена, он переходит в

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

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

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

При внесении извести снижается содержание в почве подвижных соединений алюминия и марганца, они переходят в неактивное состояние, поэтому устраняется вредное действие их на растения.

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

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

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

Определение нуждаемости почв в известковании и нормы извести

Эффективность известкования зависит от кислотности почв: чем выше кислотность, тем острее потребность в известковании и больше прибавки урожая. Поэтому прежде чем вносить известь на то или иное поле, необходимо определить степень кислотности почвы и нуждаемость ее в известковании, установить норму извести в соответствии с особенностями почвы и возделываемых растений.

Необходимость известкования почвы ориентировочно можно определить по некоторым внешним признакам. Кислые сильноподзолистые почвы обычно имеют белесый оттенок, ярко выраженный подзолистый горизонт, достигающий 10 см и более. На повышенную кислотность почвы и нуждаемость ее в известковании указывают также плохой рост и сильное выпадение клевера, люцерны, озимой пшеницы при перезимовке, обильное развитие устойчивых к кислотности сорняков: щавель кислый, пикульник, торица полевая, лютик ползучий, белоус, щучка.

Потребность почвы в известковании с достаточной для практических целей точностью может быть определена по обменной кислотности (рН солевой вытяжки). При значении рН солевой вытяжки 4,5 и ниже потребность в известковании сильная, 4,6 - 5 средняя, 5,1 - 5,5 слабая и при рН больше 5,5 отсутствует. Величина кислотности почвы - важный, но не единственный показатель, характеризующий потребность почв в известковании. Важно учитывать также степень насыщенности почвы основаниями (V) и ее механический состав. С учетом этих трех показателей степень нуждаемости почв в известковании может быть установлена значительно точнее (табл. 14).

Таблица 14

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

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

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

Для полевых севооборотов с небольшим удельным весом льна и картофеля, а также культур, чувствительных к кислотности (овощных, кормовых и др.), очередность известкования совпадает с группировкой почв по степени нуждаемости в нем, указанной в таблице 15. Сильно нуждающиеся почвы известкуют в первую очередь, средне нуждающиеся - во вторую и слабо нуждающиеся - в третью очередь. В севооборотах с большим удельным весом льна и картофеля слабо нуждающиеся почвы не известкуют, а в севооборотах с чувствительными

к кислотности культурами в первую очередь необходимо известковать не только почвы сильно-, но и средне нуждающиеся.

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

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

Ориентировочные нормы извести можно определить по величине рН солевой вытяжки. В зависимости от этих показателей ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова рекомендует вносить в дерново-подзолистые почвы, содержащие не более 3% органического вещества, следующие нормы извести (табл. 15).

Таблица 15

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

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

Более точно установить полную норму извести можно по величине гидролитической кислотности. При расчете нормы извести (в т CaCO_3 на 1 га) величину гидролитической кислотности в ммоль-экв на 100 г почвы (Нг) умножают на коэффициент 1,5. Например, гидролитическая кислотность почвы равна 4 ммоль-экв на 100 г почвы. Норма CaCO_3 будет $4 \times 1,5 = 6$ т на 1 га.

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

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

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

Для лучшей организации известкования зональные агрохимические лаборатории на основе агрохимического обследования почв составляют и передают хозяйствам картограммы кислотности почвы, на которых выделяются участки с разной степенью кислотности и нуждаемости в известковании.

3.2. Виды известковых удобрений. Сроки и способы внесения извести. Экологическая роль известкования кислых почв

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

Известняковая мука — основное промышленное известковое удобрение; получается при размолотом или дроблении известняков. Они состоят в основном из карбоната кальция — CaCO_3 , но чаще всего доломитизированы, т. е. содержат также MgCO_3 (до 10—15% в расчете на MgO). Чем выше содержание в породе MgCO_3 , тем она тверже и прочнее. При большом содержании MgCO_3 (18—20% в расчете на MgO) порода называется доломитом, при ее размолотом получается доломитовая мука. Качество известковых удобрений оценивается по количеству соединений, нейтрализующих кислотность почвы, и по тонине помола. Промышленные известковые удобрения должны содержать не менее 85% CaCO_3 и MgCO_3 . Чем тоньше помол известняковой и доломитовой муки, тем скорее и сильнее растворяется, быстрее нейтрализует кислотность почвы и тем выше ее эффективность. Наиболее эффективна известняковая мука с тониной размолотом менее 0,25 мм. При высоком содержании грубых частиц (крупнее 1—3 мм) эффективность ее резко снижается. Согласно государственному стандарту, известняковая мука I класса должна содержать не более 5% частиц крупнее 1 мм и 70% — диаметром менее 0,25 мм, влажность ее не должна превышать 1,5%, а количество примесей не более 15%.

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

Большое значение для известкования кислых почв имеют рыхлые известковые породы, не требующие размолотом: известковые туфы, или ключевая известь, гажка, или озерная известь, мергель, торфотуфы, природная доломитовая мука. В качестве известковых удобрений могут использоваться также различные отходы промышленности: сланцевая зола, доменные и мартеновские шлаки, дефекация (дефекационная грязь) и др.

Сроки и способы внесения извести. Известь обладает длительным действием. Установлено, что полная норма извести может оказывать положительное влияние на урожай сельскохозяйственных культур в течение двух ротаций 7 - 8-польного севооборота, половинная норма - не более одной ротации (6 -7 лет). С течением времени после внесения извести вновь происходит постепенное увеличение кислотности почвы (особенно быстро на малобуферных почвах

и при систематическом применении физиологически кислых удобрений в высоких дозах) и возникает потребность в повторном известковании. Периодичность и эффективность повторного внесения извести зависят от ее нормы при первичном известковании и обеспеченности хозяйства минеральными удобрениями. При известковании половинными нормами и интенсивном применении минеральных удобрений периодичность известкования учащается, а эффективность повторного внесения извести достаточно высокая. Необходимость повторного известкования устанавливают на основе данных агрохимического анализа почвы (определения степени ее кислотности) и расчета баланса кальция по результатам лизиметрических опытов.

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

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

Эффективность известкования. Под влиянием известкования возрастает использование растениями питательных веществ почвы и удобрений и значительно повышается урожайность сельскохозяйственных культур. При известковании сильнокислых почв урожайность повышается в большей степени, чем средне- и слабокислых, и прибавки урожая возрастают с повышением нормы извести.

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

При внесении полной дозы положительное действие извести на урожай

проявляется в течение 8-10 лет. За это время каждая тонна извести дает общую прибавку урожайности всех выращиваемых культур, равную в пересчете на зерно 12-15 ц на 1 га.

Эффективность минеральных и органических удобрений на известкованных почвах значительно возрастает. Положительное действие наблюдается от совместного внесения извести и навоза.

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

Известкование кислых почв не только повышает урожай и эффективность удобрений, но и обеспечивает получение значительного экономического эффекта. Экономическая эффективность известкования определяется величиной затрат на его проведение и стоимостью дополнительной продукции, получаемой от извести за все время ее действия.

Известкование почвы благоприятно изменяет ее кислотно-щелочные свойства, активизирует почвообразовательные процессы, жизнь почвенной биоты и растений. На известкованных почвах улучшается коэффициент использования азота из минеральных удобрений в 1,4 -2 раза. Известкование почвы снижает подвижность токсичных соединений железа, магния и алюминия, солей тяжелых металлов, а также радионуклиды, некоторые известковые материалы содержат тяжелые металлы и другие токсиканты.

3.3. Гипсование почв. Материалы, применяемые для гипсования почв. Взаимодействие гипса с почвой и его влияние на ее свойства

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

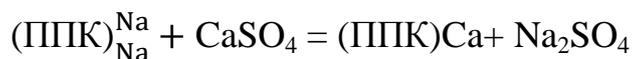
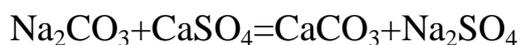
В зависимости от количества поглощенного натрия почвы подразделяются на слабосолонцеватые, содержащие 5-10% Na^+ от общей емкости поглощения, солонцеватые — 10-20% Na^+ и солонцы — более 20% Na^+ .

Солонцы и солонцеватые почвы характеризуются плохими физическими свойствами: во влажном состоянии набухают и заплывают, а при высыхании твердеют, образуют корку и растрескиваются на глыбы; обработка их сильно затруднена. Щелочная реакция солонцовых почв вредна для культурных растений. Плотный солонцовый горизонт препятствует проникновению корневой системы вглубь. Урожайность сельскохозяйственных культур на таких почвах крайне низкая.

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

При внесении в почву гипса устраняется сода в почвенном растворе, а поглощенный почвой натрий вытесняется и заменяется кальцием с образованием

в растворе нейтральной соли — сульфата натрия:



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

Для гипсования могут быть использованы следующие материалы.

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

Фосфогипс — отход туковых заводов, очень тонкий порошок, содержит 70—75% CaSO_4 и 2—3% P_2O_6 .

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

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

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

где 0,086 - 1 ммоль-экв $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Na^+ — содержание поглощенного натрия, ммоль-экв на 100г почвы; 0,1 - 10% Na^+ от емкости поглощения (Т), допустимое содержание поглощенного натрия в почве; Н - глубина пахотного слоя, см; d - плотность сложения почвы гипсуемого слоя, г/см³.

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

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

Если под солонцовым горизонтом на небольшой глубине залегает слой, богатый CaCO_3 или CaSO_4 , то можно проводить глубокую мелиоративную вспашку, при которой этот слой выворачивается и перемешивается с солонцовым слоем. Этот прием называется самогипсованием солонцов. После внесения гипса или мелиоративной вспашки на неорошаемых площадях необходимо снегозадержание, а при орошении желателен полив.

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

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

Вопросы для самоконтроля

1. Расскажите об отношении различных сельскохозяйственных культур к кислотности почв.
2. Как происходит взаимодействие извести с почвой?
3. Как определить степень нуждаемости почв в известковании?
4. Как установить ориентировочные нормы внесения извести?
5. Перечислите основные виды известковых удобрений.
6. Назовите сроки и способы внесения известковых удобрений.
7. Перечислите материалы, применяемые для гипсования почв.
8. Как происходит взаимодействие гипса с почвой и его влияние на ее свойства?

4. Органические удобрения

4.1. Роль навоза как главного органического удобрения в повышении урожая сельскохозяйственных культур и плодородия почв.

Состав твердых и жидких выделений животных

Навоз - важнейшее органическое удобрение. В его составе находятся все основные питательные вещества, необходимые растениям, поэтому его называют полным удобрением.

Навоз - важный источник элементов питания растений, его использование имеет большое значение для регулирования круговорота веществ в земледелии, сохранения и повышения содержания гумуса в почвах. Навоз повышает урожай сельскохозяйственных культур не только в год внесения, но и оказывает значительное последствие. Опыты показывают, каждая тонна внесенного в почву навоза дает за время его действия прибавку урожая сельскохозяйственных культур, равную 1ц зерна.

Твердые и жидкие выделения животных неравноценны по составу и удобрительным качествам. В жидких выделениях содержится больше азота

(0,4-1,9%) и калия (0,5- 2,3%), чем в твердых (соответственно 0,3-0,6% и 0,1 - 0,3%), а фосфора, наоборот, значительно больше в твердых выделениях (0,17-0,41%), чем в жидких (0,07-0,1%).

В таблице 18 приведен состав свежего навоза отдельных видов скота при использовании соломенной и торфяной подстилок.

Подавляющее количество фосфора, выделяемого из организма животных, находится в кале, а основная часть калия и от до $\frac{1}{2}$ до $\frac{2}{3}$ азота — в жидких выделениях. Азот и фосфор в твердых выделениях содержатся в составе органических соединений и переходят в доступную для растений форму после их минерализации. В жидких выделениях элементы питания представлены в растворимой, легкодоступной форме.

Таблица 16

Состав свежего навоза в зависимости от вида животных и подстилки, %

Составные части навоза	На соломенной подстилке					На торфяной подстилке	
	смешанный	коров	лошадей	овец	свиней	коров	лошадей
Вода	75,0	77,3	71,3	64,6	72,4	77,5	67,0
Органическое вещество	21,0	20,3	25,4	31,8	25,0	-	-
Азот общий	0,50	0,45	0,58	0,83	0,45	0,60	0,80
Азот аммиачный	0,15	0,14	0,19	-	0,20	0,18	0,28
Фосфор (P ₂ O ₅)	0,25	0,23	0,28	0,23	0,19	0,22	0,25
Калий (K ₂ O)	0,60	0,50	0,63	0,67	0,60	0,48	0,53
Кальций (CaO)	0,35	0,40	0,21	0,33	0,18	0,45	0,44
Магний (MgO)	0,15	0,11	0,14	0,18	0,09	-	-

В среднем из потребляемого животными корма в навоз переходит около 40% органического вещества, 50 азота, 80 фосфора и до 95% калия.

Для увеличения выхода навоза и повышения его качества большое значение имеют вид и количество подстилочного материала. Подстилка улучшает физические свойства навоза, впитывает мочу и поглощает образующийся при ее разложении аммиак и таким образом уменьшает потери азота. Особенно важное значение имеет способность подстилки поглощать жидкость и газы. Содержание в ней азота и зольных веществ также сказывается на качестве навоза.

Для подстилки применяют солому злаковых и торф или торфяную крошку, реже — древесные стружки и опилки. Средние суточные нормы подстилки соломы злаковых и мохового торфа на одну голову (в кг) составляют соответственно: для коров 4-6 и 5- 8; лошадей 2-4 и 3-5; овец 0,5-1 и 1-1,5 и свиней 1-2 и 1,5-2. С увеличением количества подстилки для коров с 2 до 6 кг почти в 1,5 раза возрастает накопление навоза и в 3-4 раза уменьшаются потери азота при хранении навоза (с 46 до 12%).

Ценным подстилочным материалом является торф, который содержит в 3-4 раза больше азота, чем солома, и обладает значительно большей поглощательной способностью — почти полностью поглощает мочу и образующийся при ее разложении аммиак. Навоз на торфяной подстилке содержит меньше калия, но больше общего и аммиачного азота, чем навоз на соломенной подстилке. Эффектив-

ность его значительно выше, особенно на дерново-подзолистых почвах.

Чаще всего для подстилки используют солому в виде резки длиной 8-15 см. В этом случае она больше впитывает мочи, равномернее увлажняется, навоз получается более однородный, плотнее укладывается в штабель и при хранении меньше теряет азота, его удобнее вносить в почву и можно равномернее распределить по полю. Потеря азота из такого навоза уменьшается почти в два раза, а эффективность повышается примерно в 1,5 раза.

При использовании на подстилку мелкой стружки и древесных опилок получается навоз плохого качества. Он имеет низкое содержание азота и медленно разлагается.

4.2. Навоз, навозная жижа и птичий помет.

Подстилочный и бесподстилочный навоз, его выход, состав и удобрительная ценность в зависимости от подстилки, вида скота, условий кормления и содержания животных.

Состав и выход навозной жижи. Хранение и транспортировка

В зависимости от технологии содержания животных получают подстилочный и бесподстилочный (полужидкий и жидкий) навоз, который различается по составу, способам хранения и использования.

Подстилочный навоз состоит из твердых и жидких выделений животных и подстилки. Состав и удобрительная ценность его зависят от вида животных, состава кормов, качества и количества подстилки и способа хранения навоза.

Общее количество навоза можно определить также исходя из имеющегося поголовья скота и количества навоза, получаемого от одной головы в год (табл. 17), с учетом потерь при работе и на пастбище.

Таблица 17

Примерное количество навоза (в т), получаемого от одной головы скота за год

Продолжительность стойлового периода, дней	Крупный рогатый скот (или две головы молодняка до 2 лет)	Лошади	Овцы
От 200 до 220	7 - 8	5 - 6	0,8 - 0,9
От 180 до 220	6 - 7	4 - 5	0,6 - 0,8
Меньше 180	4 - 5	2,5 - 3	0,4 - 0,5

Хранение подстилочного навоза. Количество и качество навоза в большой степени зависят от способа его хранения. При хранении навоза под влиянием микроорганизмов происходит разложение азотистых и безазотистых органических веществ. Мочевина и другие органические азотистые соединения, содержащиеся в жидких выделениях животных, превращаются в газообразный аммиак, представляющий собой основной источник потерь азота из навоза.

Азотистые соединения твердых выделений и подстилки состоят преимущественно из белковых веществ и очень медленно разлагаются с образованием аммиака. Безазотистые органические вещества навоза представлены в основном клетчаткой и другими легкоразлагающимися органическими соединениями. Чем больше в навозе соломы, тем выше в нем содержится безазотистых органических

веществ. При доступе воздуха разложение их происходит до углекислоты и воды и сопровождается повышением температуры навоза до 50—70 °С. При анаэробных условиях клетчатка разлагается с образованием углекислоты и метана.

При плотном, или холодном, способе хранения навоз укладывают слоями 3—4 м шириной и немедленно уплотняют. Штабель делают высотой 1,5—2 м, а длиной в зависимости от количества навоза. Сверху его покрывают торфом или соломой. Температура в таком плотно уложенном штабеле бывает невысокой (20—30°С), доступ воздуха в него ограничен, свободные от воды поры заняты углекислотой, в результате чего микробиологическая деятельность затрудняется, поэтому разложение органического вещества протекает медленно.

Свежий навоз становится полуперепревшим через 3-5 мес. Потери азота при таком способе хранения сравнительно небольшие. Навоз, хранившийся плотным способом, содержит значительное количество аммиачного азота, эффективность его гораздо выше, чем при других способах хранения.

При рыхлом хранении навоза без уплотнения происходят наибольшие потери органического вещества и азота, навоз разлагается неравномерно, удобрительное качество его снижается.

При рыхло-плотном (горячем) способе хранения навоз укладывают сначала рыхлым слоем высотой 0,8—1 м. При такой укладке микробиологические процессы протекают в условиях хорошего доступа воздуха, наблюдается интенсивное разложение органического вещества навоза, температура поднимается до 60—70 °С и происходят значительные потери азота. После этого навоз тщательно уплотняют, при этом доступ воздуха внутрь штабеля прекращается, разложения сменяются анаэробными, потери органического вещества и азота уменьшаются. На первый слой навоза в том же порядке накладывают второй слой, затем третий до тех пор, пока высота штабеля не достигнет 2—3 м. В плотном состоянии навоз хранится до вывозки в поле.

При этом способе хранения разложение навоза значительно ускоряется, в нем погибают семена сорных трав и возбудителей желудочно-кишечных заболеваний, но потери органического вещества и азота из навоза значительно увеличиваются.

Рыхло-плотный способ хранения может быть рекомендован только, если применяется большое количество подстилки и навоз получается солоmistый, а вносить его нужно весной под пропашные культуры, а также при необходимости провести обеззараживание навоза.

Потери азота при разложении навоза во время хранения значительно сокращаются при добавлении к нему (при укладке в штабеля) фосфоритной муки в количестве 3% массы навоза. При компостировании с фосфоритной мукой навоз обогащается фосфором, разложение органического вещества ускоряется, в компосте накапливается значительное количество гумусовых веществ.

Для хранения навоза в каждом хозяйстве необходимо иметь навозохранилище (котлованного или наземного типов) с жижесборником.

Навозохранилища располагают на возвышенных местах на расстоянии не менее 50 м от скотных дворов и свыше 200 м от жилых построек. Основное требование при постройке навозохранилища — устройство прочного и водонеп-

проницаемого дна, лучше всего цементированного или асфальтированного. Размеры навозохранилища определяются в зависимости от количества скота, продолжительности хранения и от того, какая часть навоза может вывозиться непосредственно на поля, минуя навозохранилище. Примерная площадь на одно животное для хранения навоза в течение 2,5 - 3 мес. следующая (в м²): крупный рогатый скот - 2 - 2,5, молодняк крупного рогатого скота - 1 - 1,25, свиньи - 0,4 - 0,5, овцы - 0,2 - 0,3. Емкость жижеборников зависит от объема навозохранилища - на 100 м² площади должно быть около 2 м³ емкости для сбора жижи.

Типовое навозохранилище, рассчитанное на хранение навоза от 100 коров, получаемого в течение 2,5 - 3 месяцев (около 300 т), имеет объем около 100 м³.

Недопустима укладка навоза, вывезенного в поле зимой или весной, мелкими кучами. Навоз при этом сильно выветривается и пересыхает, а зимой промерзает и затем долго оттаивает, питательные вещества из него выщелачиваются дождевыми и талыми водами. Потери азота достигают 35 - 40%, причем аммиачный азот, который доступен растениям в первый год, теряется полностью. Удобрительное действие навоза при этом резко снижается.

Качество навоза в большой степени зависит от продолжительности его хранения. С увеличением срока хранения потери азота и органического вещества из навоза возрастают. В зависимости от способа и продолжительности хранения навоз получается различной степени разложения.

По степени разложения различают следующие виды навоза: свежий, слаборазложившийся (солома почти полностью сохраняет свой цвет и прочность), полуперепревший (солома темно-коричневого цвета, легко разрывается), перепревший (солома полностью разложилась, навоз имеет вид черной мажущейся массы) и перегной (рыхлая землистая масса).

В перепревшем навозе и перегное относительное (в %) содержание азота, фосфора и калия выше, чем в полуперепревшем, однако из 20т свежего навоза получается 17 - 14т полуперепревшего, 10т перепревшего и 5 - 7т перегноя, а общее содержание азота в этой массе навоза разной степени разложения составит 104 кг в свежем навозе, 84 - 102кг в полуперепревшем, 6 кг в перепревшем и 37 - 51кг в перегное. Таким образом, при доведении навоза до стадии перепревшего и перегноя теряется больше азота, соответственно около 40 и 60% исходного количества, тогда как при получении полуперепревшего навоза - только около 15%.

Не рекомендуется вносить в почву и солоmistый свежий навоз, так как разложение соломы в почве сопровождается развитием большого количества микроорганизмов и потреблением ими растворимых соединений азота и фосфора из почвы. Внесение солоmistого навоза незадолго перед посевом может привести к снижению урожая первой культуры. Кроме того, свежий навоз содержит большое количество семян сорных растений, а также вызывает излишнюю аэрацию почвы, вредную в засушливых районах.

Наиболее рационально применять навоз в полуперепревшем состоянии, в котором лучше сохраняется азот, особенно аммиачный, и содержится больше органического вещества, чем в хорошо перепревшем навозе.

Фактическое количество навоза на скотных дворах в навозохранилищах и

штабелях определяется по занятому им объему и массе 1 м^3 навоза. Примерная масса 1 м^3 свежего рыхло-сложенного и уплотненного навоза соответственно составляет около 300 и 400 кг, полуперепревшего - 700 - 800, а сильно разложившегося - 800 - 900 кг.

Полуперепревший подстилочный навоз благодаря большому содержанию органического вещества оказывает положительное влияние на физические, физико-химические и биологические свойства почвы. При систематическом его внесении увеличивается содержание гумуса и общего азота в почве, снижается обменная и гидролитическая кислотность, уменьшается содержание в почве подвижных форм алюминия и марганца, повышается степень насыщенности основаниями. Песчаные и супесчаные почвы становятся более связными, повышается их поглотительная способность и буферность, что способствует сохранению в них влаги и питательных веществ. Глинистые почвы под действием навоза становятся более рыхлыми, легче поддаются обработке, делаются более проницаемыми для воды и воздуха.

При систематическом внесении навоза не только снижается кислотность почвы (при норме навоза 30 - 40 т на 1 га вносится 0,3 - 0,5 т кальция и магния в пересчете на карбонаты), но и улучшается питание растений кальцием, магнием, серой и микроэлементами. Важное значение имеет также выделяющаяся при разложении навоза углекислота. При разложении 30 - 40 т навоза ежедневно выделяется от 35 до 65 кг CO_2 , что улучшает углеродное питание растений.

С навозом в почву вносится громадное количество микроорганизмов. Органическое вещество навоза — хорошо доступный источник пищи и энергетический материал для жизнедеятельности почвенной микрофлоры. Поэтому при внесении навоза усиливаются микробиологическая деятельность почвы и мобилизация содержащихся в ней запасов питательных веществ.

В навозе содержатся все элементы питания, необходимые растениям. Доступность отдельных питательных веществ навоза различна и зависит от его качества, а также от почвенно-климатических условий. В 1 т полуперепревшего навоза содержится 4 - 5 кг азота, 2 - 2,5 кг фосфора и 5 - 7 кг калия.

Коэффициент использования азота из полу перепревшего навоза первой культурой зависит от содержания в нем аммиачного азота и составляет в среднем 20 - 30% общего количества азота. Коэффициент использования первой культурой фосфора и особенно калия из навоза выше, чем азота. Усвоение растениями фосфора в первый год составляет 30 - 40%, а калия 60 - 70% общего содержания их в навозе. Из навоза в первый год лучше всего используется калий. Общее содержание калия в навозе также выше, чем азота и особенно фосфора.

При внесении навоза улучшается обеспечение растений калием. Удобрительное же действие навоза главным образом определяется содержанием в нем общего и аммонийного азота, так как в большинстве почв, особенно Нечерноземной зоны, для нормального питания растений в первую очередь не хватает азота.

Навоз обладает значительным последствием. Использование азота, фосфора и калия из навоза второй культурой составляет обычно соответственно 15 - 20%; 10 - 15 и 10 - 15%, третьей — 10 - 15%; 5 - 10 и 0 - 10%. Использование питательных веществ навоза за ротацию севооборота (с учетом последствия) составля-

ет: азота 50 - 60%. фосфора 50 - 60 и калия 80 - 90%, что близко к использованию соответствующих питательных веществ из минеральных удобрений.

Прямое действие (в год внесения) и последствие навоза зависят от качества и нормы навоза и почвенно-климатических условий. Слаборазложившийся солоmistый навоз в первый год может действовать хуже, чем на второй и третий годы. Чем больше вносится навоза, тем выше его прямое действие и продолжительнее последствие.

На глинистых почвах навоз разлагается медленно, последствие его сказывается даже на шестой-седьмой год после внесения; на супесчаных почвах навоз разлагается быстрее и действие его не столь длительно — три-четыре года. В более увлажненной Нечерноземной зоне разложение навоза происходит быстрее, чем в засушливых южных и юго-восточных районах, где навоз разлагается слабее из-за недостатка влаги в почве. Поэтому в Нечерноземной зоне прямое действие на первой культуре выше, чем в Черноземной, а последствие на второй и третий год может быть ниже. В засушливых юго-восточных районах последствие часто превышает прямое действие на первую культуру.

Наиболее высокий эффект дает внесение навоза в северных, западных и центральных районах России как более обеспеченных влагой. Средняя норма навоза в этих районах 30—40 т на 1 га.

На легких песчаных и супесчаных почвах, где навоз быстрее разлагается и питательные вещества могут вымываться, лучше вносить меньшие нормы навоза, но чаще. Высокие прибавки урожая зерновых, сахарной свеклы и других культур дает внесение навоза на черноземных почвах. Средняя норма навоза составляет 20—30 т на 1 га.

В засушливых районах эффективность навоза ниже, чем в более влажных районах. При надлежащей обработке почвы и других мероприятиях, обеспечивающих накопление и сохранение влаги, особенно при орошении, эффективность навоза в засушливых районах повышается и норму его можно увеличить.

Бесподстилочный навоз. При ограниченном использовании подстилочного материала (до 1 кг на корову в сутки) получается навоз с влажностью до 85—87%. Накопление смеси твердых и жидких выделений животных при небольшом количестве подстилки позволяет полностью механизировать очистку животноводческих помещений, однако получаемый навоз имеет неблагоприятные для транспортировки и внесения физические свойства. Потери азота из такого навоза даже при хранении в закрытых навозохранилищах достигают больших размеров, и перед его внесением в почву требуется предварительное компостирование с торфом или землей.

На крупных специализированных фермах и животноводческих комплексах практикуется бесподстилочное содержание животных, при котором получается бесподстилочный жидкий навоз — подвижная смесь кала, мочи и технологической воды (попадающей в навоз при уборке помещения, мытье кормушек, из автопоилок). Такой навоз обладает текучестью и легко поддается перекачке по трубам самотеком и с помощью насосов. Применение подстилки для животных на крупных промышленных фермах требует больших затрат труда и сдерживает рост производительности труда в животноводстве

Количество и качество бесподстилочного навоза зависят от вида и возраста животных, типа кормления, продолжительности откорма или стойлового содержания, количества воды, расходуемой при уборке навоза, и технологии накопления.

Средний выход бесподстилочного навоза от одной головы крупного рогатого скота составляет 50—60 л/сут. (30—35 л кала и 15—20 л мочи, 5 л неизбежных технологических вод), от одной свиньи — 12 л (8 л кала, 2 л мочи и 2 л воды). В производственных условиях за счет технологических вод выход навоза по сравнению с количеством экскрементов животных может увеличиваться и в большей степени — на 25%.

В зависимости от содержания воды бесподстилочный навоз называют полужидким (смесь экскрементов с влажностью до 90%) или жидким (влажность за счет технологических вод 93%). Смесь экскрементов, значительно разбавленную водой (влажность более 93%), называют навозными стоками. Объемная масса бесподстилочного навоза близка к 1, т. е. 1 м³ весит 1 т.

Применение системы прямого гидросмыва приводит к разбавлению навоза водой в 2—3 раза, соответственно возрастает потребность в емкостях для хранения и транспортных средствах для вывозки и внесения навоза. По мере разбавления навоза водой утрачивается экономическое преимущество бесподстилочного содержания животных по сравнению с подстилочным. Разбавление бесподстилочного навоза водой целесообразно лишь непосредственно перед внесением его с одновременным поливом или орошением. Неразбавленный жидкий навоз крупного рогатого скота и свиней, полученный на крупных фермах и промышленных комплексах, соответственно содержит (в %): сухого вещества 10—11,5 и 9,8—10,5; азота 0,40—0,43 и 0,5—0,7; фосфора 0,28—0,20 и 0,40—0,25; калия 0,45—0,50 и 0,21 — 24. При скармливании животным концентрированных кормов получаемый навоз отличается повышенным содержанием питательных веществ.

В бесподстилочном навозе от 50 до 70% азота находится в аммонийной форме, хорошо доступной растениям в первый период внесения. Поэтому коэффициент использования азота бесподстилочного навоза и действие его на урожай культур в год внесения выше, чем подстилочного навоза, а последствие, наоборот, слабее. Фосфор и калий навоза используются растениями не хуже, чем из минеральных удобрений. Бесподстилочный навоз по эффективности не уступает подстилочному, полученному из такого же количества исходных экскрементов.

Хранение бесподстилочного навоза. Бесподстилочный навоз в зависимости от почвенно-климатических и организационно-хозяйственных условий хранят от 2 до 6 месяцев. Для его хранения необходимы прифермские и полевые хранилища. Емкость прифермских хранилищ закрытого типа должна быть равна 25—40% объема навоза, накапливаемого в течение 2—3 мес. Остальные 75—60% навоза хранятся в полевых навозохранилищах, представляющих собой открытые котлованы с пленочным покрытием дна и откосов, размещаемых в центре удобряемых массивов. Потери азота в закрытых и открытых хранилищах примерно одинаковые. При хранении бесподстилочный навоз расслаивает-

ся. Сверху образуется плотный плавающий слой, внизу — осадок, а между ними — осветленная жидкость. Поэтому для надежной работы насосов, цистерн-разбрасывателей, дождевальных установок и равномерного внесения навоза необходимо его систематическое перемешивание для поддержания всей массы в однородном состоянии. Твердые частицы, содержащиеся в навозе перед поступлением его в хранилища, необходимо измельчать. При наличии трубопроводов всю массу жидкого навоза можно хранить в прифермских хранилищах и перекачивать в небольшие полевые емкости с гидрантами для непосредственной погрузки в цистерны-разбрасыватели или дождевальные установки. Прифермские хранилища проектируют объемом каждое не более 3—5 тыс. м³. Дно и стены емкостей должны быть хорошо гидроизолированы и устойчивы к агрессивному воздействию навоза, а дно иметь уклон к заборному устройству. Глубина и форма хранилища должны позволять забор навоза насосами и проведение его перемешивания. Закрытые емкости должны иметь вентиляцию, чтобы избежать накопления в них метана, сероводорода, аммиака и других вредных газов, образующих взрывоопасные смеси.

В бесподстилочном навозе не протекают процессы саморазогревания, его температура не повышается (зимой и весной она составляет около 10 °С, а летом 17 °С).

При перемешивании бесподстилочного навоза один раз в неделю потери органического вещества и азота за 4,5 месяца хранения увеличиваются почти вдвое, но и в этом случае они все же меньше, чем при хранении подстилочного навоза. Жидкий навоз перед использованием на удобрение должен подвергаться обеззараживанию на очистных сооружениях, термической обработкой, специальными химическими препаратами. Наиболее доступно обеззараживание способом метанового брожения, при котором не происходит потерь органического вещества и азота и одновременно получается горючий газ, который можно использовать как топливо.

Недопустимо использование жидкого навоза для подкормок или дождевания овощных и плодовых культур.

При отсутствии устройств для измельчения твердых включений, перемешивания и гомогенизации жидкого навоза его можно использовать после предварительного разделения на твердую и жидкую фракции. Жидкая фракция содержит 75—80% питательных веществ, имевшихся в навозе, и является хорошим удобрением. Жидкую фракцию хранят в навозохранилищах. Твердую фракцию, имеющую влажность 65—67% укладывают в штабеля и используют для удобрения так же, как и подстилочный навоз.

Необходимо отметить, что чрезмерно высокие нормы жидкого навоза не дают больших прибавок урожая по сравнению с оптимальными нормами его внесения и могут оказывать отрицательное действие на качество растениеводческой продукции, увеличивать содержание нитратов в кормовых и овощных культурах выше допустимых количеств.

Навозная жижа - ценное быстродействующее азотно - калийное удобрение, содержит в среднем 0,2 - 0,3%N и 0,4 - 0,5% K₂O, фосфора в ней очень мало - 0,01%

В зависимости от условий хранения содержание N и K₂O в навозной жиже может сильно колебаться: N от 0,02 до 0,8%, а K₂O от 0,1 до 1,2%

Азот и калий в навозной жиже находятся в хорошо растворимой и легкодоступной для растений форме. Азот содержится главным образом в форме мочевины CO(NH₂)₂, которая под влиянием уробактерий быстро превращается в углекислый аммоний (NH₄)₂CO₃, а последний легко разлагается с образованием CO₂, H₂O и NH₃. При неправильном хранении жижи аммиак быстро улетучивается и удобрительная ценность ее резко снижается.

Навозную жижу необходимо хранить в плотно закрытом жижесборнике. Потери азота при этом уменьшаются, так как воздух в жижесборнике быстро насыщается CO₂, образующимся при разложении мочи, и диссоциация (NH₄)₂CO₃ с образованием аммиака задерживается. Еще больше сокращаются потери азота, если поверхность жижи в жижесборнике покрыть тонким слоем нефти или отработанного масла.

Общее количество навозной жижи, получаемой за год от разных видов животных, зависит от продолжительности стойлового периода, количества и качества подстилки и кормов, устройства скотного двора и навозохранилища. От одной головы крупного рогатого скота за стойловый период (220 - 240 дней) накапливается в среднем 2 - 2,5 м³ жижи, такое же количество получается от трех голов молодняка крупного рогатого скота до двух лет и от 10 - 12 телят.

В зимний период собранную навозную жижу лучше всего использовать для компостирования с торфом. При этом отпадает необходимость устройства больших жижесборников, резко сокращаются потери азота и хозяйство получает дополнительное количество ценных органических удобрений.

Птичий помет - полное быстродействующее удобрение, содержащее азот, фосфор и калий в легкодоступной для растений форме (табл. 18).

Таблица 18

Годовой выход и состав птичьего помета

Виды птиц	Годовой выход, кг на 1 голову при содержании		Состав помета, % на сырое вещество			
	выгульном	клеточном	вода	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Куры	6-8	50—70	55	1,6	1,5	0,8
Утки	8—10	100 -170	70	0,8	1,0	0,3
Гуси	10—12	250—380	75	0,5	0,5	1,0

Содержание азота, фосфора и калия в птичьем помете резко меняется в зависимости от количества и качества корма: чем более концентрированный корм получает птица, тем больше питательных веществ содержится в помете.

Азот в помете находится главным образом в форме мочевины, которая быстро разлагается с образованием аммиака. При неправильном хранении помета в результате улетучивания аммиака происходят большие потери азота, достигающие 50% и более за 1,5 - 2 мес. Для сохранения азота в помете лучше всего применять в птичниках сухую торфяную подстилку, которая поглощает выделяющийся из помета аммиак, или хранить его в смеси с торфом. Сырой

помет смешивают с торфяной крошкой (на 4 - 5 частей помета 1 часть торфа), смесь подсушивают на воздухе и хранят под навесом.

При отсутствии торфа можно пересыпать помет сухой перегнойной землей или перепревшим навозом, а также добавить к нему 7 - 10% суперфосфата, который почти полностью связывает выделяющийся аммиак.

Хорошо сохранный птичий помет - ценное удобрение, дающее высокие прибавки урожая сельскохозяйственных культур. Его можно применять под все культуры в качестве основного удобрения в норме 2 - 5 т на 1 га с заделкой под плуг, а также в меньших нормах в подкормку озимых или пропашных культур с заделкой соответственно бороной и культиватором при междурядных обработках.

Доза сырого помета в подкормки 8 - 10 ц на 1 га, для жидкой подкормки применяется вдвое меньшая норма сухого помета при разбавлении водой в 6 - 7 раз.

4.3. Типы торфа, его агрохимическая характеристика и сельскохозяйственное использование. Торфяные компосты различных типов. Зеленое удобрение, его роль в обогащении почв органическим веществом и азотом. Растения - сидераты. Способы их использования на зеленое удобрение

Торф - важный источник увеличения ресурсов органических удобрений в сельскохозяйственных предприятиях. Наличие больших запасов торфа в нашей стране позволяет широко использовать его для приготовления различных компостов или в подстилку.

Торф образуется в результате неполного разложения болотных растений в условиях повышенной влажности и недостаточного доступа воздуха. Торфяные болота в зависимости от условий образования и характера преобладающей растительности делят на три типа: верховые, низинные и переходные. Торф различных типов болот отличается по агрохимическим свойствам и качеству.

Верховые болота формируются в понижениях на водораздельных плато, они питаются в основном водами атмосферных осадков, преобладающая растительность — сфагновые мхи, при медленном разложении которых в анаэробных условиях образуются кислые продукты. Поэтому верховые торфа обычно низкосолевые, сильнокислые (табл. 19) с большим количеством органического вещества, но малой степенью его минерализации.

Таблица 19

Агрохимическая характеристика различных видов торфа

Тип торфа	рН солевой вытяжки	Содержание, % на абсолютно сухое вещество	
		органического вещества	золы
Верховой	2,8 — 3,6	98 - 95	2—5
Переходный	3,6— 4,8	95 - 92	5—8
Низинный	4,8 — 5,8	92 - 85	8—15

Тип торфа	Содержание, % на абсолютно сухое вещество			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Верховой	0,8 - 1,5	0,03—0,15	не более 0,1	0,2—0,5
Переходный	1,2—2,5	0,1—0,3	около 0,1	0,5—2
Низинный	2,5 - 3,5	0,2—0,5	до 0,15	2—5

Обладают высокой поглотительной способностью - 1 кг сухого торфа может поглотить 8 - 15 л влаги. Верховой слаборазложившийся торф целесообразно использовать в качестве подстилочного материала и для приготовления компостов.

Низинные болота располагаются в понижениях рельефа на межводораздельных территориях, они питаются не столько за счет осадков сколько за счет грунтовых и сточных вод, имеют более разнообразную травянистую и древесную растительность, с прилегающих склонов в болота смывается значительное количество минеральных почвенных частиц. Низинные торфа имеют повышенную зольность и меньшую, чем верховые торфа, кислотность. При подпитке грунтовыми водами, прошедшими через карбонатные породы, низинные торфа могут иметь близкую к нейтральной и даже щелочную реакцию. В них меньше органического вещества, но оно имеет большую степень разложения. Поглотительная способность низинных торфов меньше, чем верховых. Низинные торфа используют главным образом для компостирования.

Переходные торфа по своим свойствам занимают промежуточное положение между верховыми и низинными торфами. Они могут применяться для приготовления компостов, а также в подстилку животным.

Все торфа богаты органическим веществом и, следовательно, азотом, но бедны калием. Высокозольные низинные торфа могут содержать значительные количества кальция и фосфора.

Для приготовления компостов можно использовать низинные, переходные, а также более разложившиеся верховые торфа. Большая часть содержащегося в торфе азота находится в малодоступной органической форме и только 2 - 3% в минеральной - аммонийной и нитратной форме.

Органическое вещество торфа очень устойчиво к микробиологическому разложению, минерализация органических соединений азота происходит очень медленно. Многие виды торфа имеют кислую реакцию, что также затрудняет разложение их в почве. Микроорганизмов в торфе очень мало вследствие кислой реакции, недостатка растворимых форм азота и легкодоступных органических веществ. Эффективность торфа повышается при компостировании с биологически активными органическими удобрениями - навозом, навозной жижей, фекалиями - или с минеральными удобрениями - фосфоритной мукой, известью, золой и др.

Торфо-навозные компосты. При компостировании с навозом торф обогащается микроорганизмами, снижается его кислотность, в компосте усиливается микробиологическая деятельность, интенсивнее происходит разложение органического вещества и увеличивается количество доступного растениям азота. Торф благодаря высокой поглотительной способности полностью связывает аммиак, образующийся при разложении органического вещества, потери азота из навоза резко уменьшаются. Хорошо приготовленный торфонавозный компост не уступает по эффективности навозу.

Действие компоста еще более повышается при добавлении к нему 2 -3% фосфоритной муки, а при использовании кислого торфа - 1 -2% извести. Для компостирования с навозом необходимо использовать проветренный торф с

влажностью 60 - 65%. Чем выше степень разложения торфа, тем больше можно брать для приготовления компоста торфа и меньше навоза. При закладке компоста зимой на одну часть навоза берут 1 часть торфа, а при весеннее - летней закладке – 2 - 3 части. Качество компоста лучше при более узком соотношении между торфом и навозом.

Торфонавозные компосты следует готовить вблизи животноводческих ферм или в навозохранилище.

При послойном способе компостирования торф и навоз поочередно укладывают в штабель шириной не менее 3 м и высотой 2 м (длина произвольная). Толщина слоев торфа и навоза зависит от соотношения их в компосте. Штабель завершают слоем торфа.

Торфожижевые компосты. Навозную жижу целесообразнее всего использовать для компостирования с торфом; при этом резко сокращаются потери азота из навозной жижи и повышается удобрительное качество торфа. Для компостирования с навозной жижей можно использовать все виды торфа, кроме известковых. На 1 т проветренного торфа в зависимости от его влажности берется от 0,5 до 1 т навозной жижи.

Торф укладывается в два сплошных смежных вала так, чтобы между ними образовалось корытоподобное углубление, (толщина торфа в местах соприкосновения валов и с торцов 40 - 50 см), в которое заливается жижа. После выпитывания жижи всю массу бульдозером сгребают в штабеля, которые не уплотняют.

Аналогично можно заготовить компосты из торфа и жидкого навоза (соотношение между торфом и навозом 1:1 или 2:1).

При хранении компоста в нем энергично протекают процессы нитрификации аммиака, а образующиеся нитраты подвергаются денитрификации с образованием молекулярного азота. Поэтому при длительном хранении компоста возможны значительные потери азота. Чтобы затормозить процессы нитрификации, денитрификации и уменьшить потери азота, рекомендуется добавлять в компосты 0,5 - 1% хлористых калийных солей, так как хлор подавляет процесс нитрификации. Для обогащения компоста фосфором рекомендуется при компостировании добавлять фосфоритную муку (20 - 30 кг на 1 т компоста).

Торфожижевые компосты можно вносить через 1 месяц после закладки. По эффективности они не уступают навозу. Хорошо разложившийся торф, смешанный с навозной жижей или жидким навозом, можно сразу вносить в почву без компостирования.

Зеленым удобрением, или сидерацией, называется выращивание в поле некоторых бобовых растений (сидератов) и запашка их зеленой массы в почву для обогащения ее азотом и органическим веществом. В качестве сидератов используются однолетние и многолетние люпины, сераделла, донник, озимая вика, озимый горох, пелюшка, чина и др.

Бобовые растения с помощью клубеньковых бактерий, развивающихся на их корнях, способны фиксировать азот воздуха и обогащать почву связанными соединениями азота. При выращивании бобовых сидератов на 1 га образуется до 40 - 50 т зеленой массы, содержащей до 150 - 200 кг азота. По содержанию азота 1 т зеленого удобрения равноценна 1 т навоза (табл. 20).

Сравнительная характеристика сидератов и подстилочного навоза

Удобрения	Содержание питательных элементов, кг на 1 т			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Навоз смешанный	5,0	2,4	5,5	7,0
Зеленая масса люпина	4,5	1,0	1,7	4,7
Зеленая масса донника	7,7	0,5	1,9	9,7

После заделки в почву и минерализации зеленой массы сидератов азот, связанный в форме органических соединений, переходит в минеральную форму и используется следующими растениями, причем коэффициент использования азота зеленого удобрения в первый год почти вдвое выше, чем азота навоза. Кроме того, бобовые сидераты, извлекают питательные элементы из нижних горизонтов почвы, а также усваивают фосфор и другие питательные вещества из труднорастворимых соединений. Поэтому при разложении запаханной растительной массы пахотный слой почвы обогащается не только органическим веществом и усвояемыми соединениями азота, но также фосфором, калием и кальцием. Под влиянием зеленого удобрения увеличивается содержание гумуса в почве, усиливается микробиологическая деятельность, повышаются влагоемкость, поглотительная способность почвы, улучшается ее структура. В результате значительно повышается плодородие почв и урожай последующих культур (табл. 21).

Таблица 21

Влияние зеленого удобрения на урожай сельскохозяйственных культур
(в ц на 1 га) на дерново-подзолистой песчаной почве
(данные многолетнего опыта Новозыбковской опытной станции)

Удобрения	Прямое действие		Последействие	Суммарный урожай за севооборот. %
	рожь (за 2 3 года)	картофель (за 2 год)	овес (за 9 лет)	
Без удобрения	5,8	130,8	7,8	100
Люпиновое зеленое удобрение	11,2	184,7	9,7	145

Эффективность и продолжительность действия зеленого удобрения тем выше, чем больше зеленой массы запахивается в почву.

Для получения хорошего урожая зеленой массы бобовых сидератов, повышения фиксации азота воздуха клубеньковыми бактериями и накопления его в почве необходимы известкование кислых почв, внесение фосфорных и калийных удобрений (по 45 - 50 кг д.в. на 1га) и обработка семян нитрагином или ризоторфином для заражения клубеньковыми бактериями.

Нитрагин и ризоторфин - бактериальные препараты, содержащие клубеньковые бактерии, которые, развиваясь на корнях бобовых растений, усваивают азот из воздуха. В почве клубеньковых бактерий часто бывает очень мало или они вовсе отсутствуют, поэтому необходимо искусственное заражение бо-

бобовых культур этими бактериями. Для разных групп бобовых культур изготавливают различные виды бактериальные препараты со специфическими расами ризобий. Вносят препараты вместе с семенами бобовых культур. В день посева их разводят в воде. Семена смачивают разведенным препаратом, тщательно перемешивают и после подсушивания (обязательно в тени) высевают.

Успешное использование сидератов возможно во многих районах страны, однако наибольшее значение зеленое удобрение имеет на дерново-подзолистых, серых лесных и особенно на легких песчаных почвах. Основные сидераты в этой зоне - однолетние люпины (как алкалоидные, так и безалкалоидные), сераделла, многолетний люпин (в северных районах), а также донник (на почвах с высоким содержанием кальция или сильно известкованных). Большое значение имеет применение зеленого удобрения в орошаемых районах, в районах влажных субтропиков, на Дальнем Востоке, в Сибири и других районах.

Наиболее распространенные сидераты - люпины; они хорошо произрастают и способны давать большую зеленую массу как на самых бедных песчаных, так и на более тяжелых суглинистых почвах.

На карбонатных черноземах и сероземах используют в качестве сидератов: озимый горох, коровий горох, озимую вику, донник, чину и др.

Люпины и другие сидераты могут быть использованы на зеленое удобрение в виде самостоятельной культуры (выращиваются как парозанимающая культура, т. е. занимают поле с весны и запахиваются во второй половине лета), в виде промежуточной подсевной или пожнивной культуры (выращиваются в промежутке между уборкой одной культуры и посевом другой), а также в виде укосной массы, выращенной на другом участке в течение ряда лет (многолетний люпин).

Зеленое удобрение, как весьма эффективное и дешевое местное удобрение, имеет особенно большое значение для повышения плодородия малокультурных почв при недостатке навоза и других органических удобрений в хозяйстве или при необходимости перевозки его на дальние поля.

4.4. Технология внесения органических удобрений. Дозы, сроки и способы внесения органических удобрений. Требования охраны труда и окружающей среды при производстве, хранении и применении органических удобрений

Нормы подстилочного навоза зависят от его качества и имеющегося в хозяйстве количества, а также удобряемой культуры. Под овощные и пропашные культуры (кукурузу, картофель, сахарную свеклу и др.) необходимо вносить более высокие нормы (40 - 50 т на 1 га), чем под зерновые (20 - 30 т на 1 га).

Наиболее рационально внесение навоза вместе с минеральными удобрениями. При этом действие навоза и минеральных удобрений заметно возрастает. При совместном внесении создаются более благоприятные условия питания растений, чем при отдельном внесении. За счет минеральных удобрений обеспечивается питание растений в первый период вегетации, а навоз, постепенно

разлагаясь в почве, обеспечивает растения питательными веществами ко времени наибольшей потребности в них. Кроме того, при этом вследствие уменьшения вдвое нормы минеральных удобрений исключается отрицательное действие на отдельные растения повышенной концентрации солей, особенно опасной в начальный период роста.

Время внесения и глубина заделки навоза в почву. Навоз из навозохранилища или штабелей, сложенных в поле, следует равномерно внести, что лучше всего осуществляется с помощью навозоразбрасывателей, и немедленно запахать. Задержка с заделкой в почву навоза только на один день приводит к большим потерям азота и снижению эффективности удобрения.

Лучше всего вносить навоз с осени под зяблевую вспашку. Это особенно важно для засушливых районов.

В зависимости от почвенных и климатических условий глубина заделки навоза может колебаться от 12 - 14 см до 20 - 22 см. В засушливых районах необходима более глубокая заделка навоза, чем во влажных. На тяжелых почвах, где разложение навоза затруднено, лучше запахивать его на меньшую глубину – 12 - 14 см, а на легких - заделывать глубже - на 20 - 22 см.

В севообороте навоз необходимо вносить под овощные и пропашные культуры (картофель, кукурузу, сахарную свеклу, кормовые корнеплоды), а также под озимые зерновые культуры. Они наиболее требовательны к условиям питания и дают большие прибавки урожая по сравнению с другими культурами.

При сочетании навоза и минеральных удобрений возможна одновременная заделка их в почву, внесение на одной площади, но в разные сроки и наконец, внесение навоза на одни поля (под пропашные), а минеральных удобрений - на другие (под зерновые культуры). Из минеральных удобрений к подстилочному навозу в первую очередь следует добавлять азотные и фосфорные удобрения.

Бесподстилочный навоз. Для транспортировки и внесения бесподстилочного навоза на поверхность почвы применяют специальные цистерны-разбрасыватели. Транспортировка и внесение такого навоза могут осуществляться по следующим схемам.

Прифермское навозохранилище - цистерна - полевое навозохранилище - цистерна-разбрасыватель. Эта схема применяется при отсутствии трубопровода для перекачивания навоза из прифермского хранилища в полевое. Навоз выгружают из прифермского навозохранилища в цистерны-разбрасыватели, вывозят его в поле и разбрасывают с последующей заделкой в почву или заполняют полевые хранилища для хранения до внесения в почву.

Навозохранилище - трубопроводная сеть - дождевальная установка - поле. Эта схема используется при наличии трубопроводной сети и установки для дождевания, куда навоз перекачивается по трубопроводу насосами. Перед дождеванием жидкий навоз во вневегетационный период разбавляют водой в 2 - 3, а в период вегетации растений - в 8 - 10 раз.

Прифермское навозохранилище — трубопровод — полевое навозохранилище — цистерна-разбрасыватель — поле. В этом случае жидкий навоз транспортируют из прифермского хранилища в полевые по трубам с последующим внесением его цистернами-разбрасывателями. Третья схема позволяет значи-

тельно снизить транспортные затраты и повысить производительность труда.

Для снижения затрат на хранение, транспортировку и внесение жидкого навоза в условиях крупных животноводческих комплексов промышленного типа планируется круглогодичное внесение бесподстилочного навоза на близлежащие поля (радиус вывозки до 4 км), прежде всего в кормовых севооборотах и для удобрения культурных сенокосов и пастбищ. Недопустимо применение жидкого навоза зимой на затопляемых площадях и склонах, где возможен смыв его при весеннем снеготаянии.

Подкормку пастбищ жидким навозом проводят сразу же после стравливания или не позднее чем за 25 - 30 дней до очередного стравливания, чтобы не ухудшить поедаемость зеленого корма.

Навозную жижу можно вносить в основное удобрение и в подкормку, а также использовать для приготовления компостов с торфом.

Под зерновые культуры, картофель и корнеплоды в основное удобрение вносят на 1 га 15 - 20 т навозной жижи, под овощные – 20 - 30 т. Поскольку жижа почти не содержит фосфора, целесообразно вносить одновременно фосфорные удобрения.

Высокий эффект дает применение навозной жижи на лугах и для подкормки озимых, пропашных и овощных культур.

Ранневесеннюю подкормку озимых и подкормку лугов проводят перед их боронованием: на 1 га 4 - 5 т навозной жижи, разбавленной в 2 - 3 раза водой. При поверхностном внесении навозной жижи до посева или в подкормку ее необходимо немедленно заделать в почву, чтобы сократить потери азота. Задержка с заделкой на 2 - 4 дня снижает эффективность жижи на 30 - 50%.

В навозе и его жиже могут сохраняться возбудители заболеваний многих животных. В связи с этим необходимо учитывать инкубационный цикл их развития и обеспечить их гибель. В настоящее время еще не найдено дешевого и высокоэффективного способа обеззараживания бесподстилочного навоза и жижи. Перспективный прием – биологическая очистка, а также использование биогазоустановок.

При работе с бесподстилочным навозом и жижей персонал должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты, исправным инструментом, приспособлениями и механизмами, спецодеждой в соответствии с действующими нормами (фильтрующий противогазом марки КД или ПШ-2, защитный комбинезон, резиновые перчатки и обувь).

Особенно опасны сероводород H_2S , двуокись углерода CO_2 , которые тяжелее воздуха и скапливаются в углублениях. Предельно допустимое содержание сероводорода в воздухе помещения 15 мг/м^3 .

Особую опасность для человека представляют аммиак и метан.

Аммиак NH_3 в два раза легче воздуха. Допустимая концентрация его в воздухе 25 мг/м^3 , концентрация $35-70 \text{ мг/м}^3$ смертельна. Аммиак взрывоопасен при концентрации 16-26 %. Метан CH_4 легче воздуха (плотность 0,55) является наркотически действующим удушающим газом; при содержании его в воздухе 4,9-15,4 % образуется взрывоопасная смесь, поэтому на сооружениях, где возможно образование газа, запрещается курить, зажигать спички или применять огонь.

Вопросы для самоконтроля

1. Какова роль навоза в повышении урожая сельскохозяйственных культур и плодородия почв?
2. Дайте агрохимическую характеристику навоза, навозной жижи и птичьего помета.
3. Назовите выход, состав и удобрительную ценность подстилочного и бесподстилочного навоза, в зависимости от подстилки, вида скота, условий кормления и содержания животных.
4. Как организуется хранение и транспортировка подстилочного и бесподстилочного навоза?
5. Дайте агрохимическую характеристику различных типов торфа.
6. Перечислите сельскохозяйственное использование различных типов торфа и компосты.
7. Какова роль зеленых удобрений в обогащении почв органическим веществом и азотом?
8. Назовите способы использования зеленых удобрений
9. Перечислите технологии внесения органических удобрений.
10. Как определяются дозы, сроки и способы внесения органических удобрений?
11. Перечислите требования охраны труда и окружающей среды при производстве, хранении и применении органических удобрений.

5. Минеральные удобрения

5.1. Классификация минеральных удобрений. Производство и ассортимент минеральных удобрений

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

Простые (односторонние) удобрения содержат один какой-либо элемент питания. К ним относятся: азотные, фосфорные, калийные удобрения и микроудобрения (табл. 22).

Таблица 22

Содержание основного вещества (д. в.) в минеральных удобрениях

Удобрения	Основное вещество	Содержание основного вещества, %
Аммиак водный	N	20,5
Аммиак жидкий синтетический	NH ₃	99,9
Аммофос гранулированный	N, P ₂ O ₅	1,1 + 49
Карбамид (мочевина)	N	46
Калий хлористый гранулированный	K ₂ O ₅	60

Калий хлористый негранулированный	K_2O_5	60
Калийная соль	K_2O_5	40
Мука фосфоритная (в зависимости от марки)	P_2O_5	30, 25, 22, 19, 14
Нитрофос	N, P_2O_5	24 + 14
Нитрофоска	N, P_2O_5 , K_2O_5	11 + 10 + 11
Нитроаммофоска	N, P_2O_5 , K_2O_5	16 + 16 + 18
Селитра аммиачная	N	34,5
Селитра кальциевая	N	17,5
Селитра натриевая	N	15,5
Сульфат аммония	N	20,8
Сульфат аммония гранулированный	N	20,8
Суперфосфат двойной гранулированный	P_2O_5	45
Суперфосфат простой из апатит. конц.	P_2O_5	20
Суперфосфат гранулированный из апатит, концентрированный	P_2O_5	20
Шлак фосфатный для удобрений	P_2O_5	10

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

Содержание действующего вещества в удобрениях выражается в процентах массы: в азотных удобрениях - в расчете на N, в фосфорных - на P_2O_5 , в калийных - на K_2O . Для пересчета дозы удобрения в килограммах действующего вещества на физические удобрения указываемую дозу N, P_2O_5 и K_2O делят на процент действующего вещества в соответствующих удобрениях. Например, доза 70 кг N на 1 га при использовании аммиачной селитры (содержащей 34,5% N) будет составлять $70 : 34,5 = 2,03$ ц удобрения на 1 га.

5.2. Азотные удобрения, их ассортимент, способы получения.

Жидкие азотные удобрения, их свойства, состав, превращение в почве и применение. Дозы, сроки, способы внесения азотных удобрений под различные сельскохозяйственные культуры, их влияние на урожай и качество продукции

Азотные удобрения подразделяются на четыре группы:

1. *Нитратные удобрения (селитры)*, содержащие азот в нитратной форме, - $NaNO_3$, $Ca(NO_3)_2$.

2. *Аммонийные и аммиачные удобрения*, содержащие азот соответственно в аммонийной или аммиачной форме, - $(NH_4)_2SO_4$, и жидкие азотные удобрения (безводный аммиак и аммиачная вода).

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

4. *Удобрение, содержащее азот в амидной форме*, - $CO(NH_2)_2$.

Нитратные удобрения. *Натриевая селитра* (нитрат натрия, азотнокислый натрий, чилийская селитра) - $NaNO_3$ - содержит 16—16,4% азота и 26% натрия. Это мелкокристаллическая соль белого или желтовато-бурого цвета, хорошо растворимая в воде. Обладает слабой гигроскопичностью, но при хра-

нении в неблагоприятных условиях может слеживаться. При правильном хранении не слеживается и сохраняет хорошую рассеваемость.

Кальциевая селитра (нитрат кальция, азотнокислый кальций) - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ - содержит не менее 17,5% азота. Получается при нейтрализации азотной кислоты известью, а также в качестве побочного продукта при производстве комплексных удобрений - нитрофосок - методом азотно-кислотной переработки фосфатов. Кристаллическая соль белого цвета, хорошо растворимая в воде.

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

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

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

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

Аммонийные и аммиачные удобрения. *Твердые аммонийные удобрения.* Сульфат аммония (сернокислый аммоний) - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - содержит 20,8 - 21% азота. Кристаллическая соль, хорошо растворимая в воде; гигроскопичность ее очень слабая, поэтому при нормальных условиях хранения слеживается мало и сохраняет хорошую рассеваемость. Синтетический сульфат аммония белого цвета, а коксохимический из-за наличия органических примесей имеет серую, синеватую или красноватую окраску. Удобрение содержит около 24% серы и является хорошим источником этого элемента для питания растений.

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

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

Хлористый аммоний нитрифицируется медленнее, чем сульфат-аммоний, что связано с отрицательным влиянием хлора на деятельность нитрифицирую-

щих бактерий.

В результате нитрификации аммонийных удобрений образуется HNO_3 , освобождается H_2SO_4 или HCl . Эти кислоты подкисляют почвенный раствор и вытесняют основания из почвенного поглощающего комплекса. При систематическом применении аммонийных удобрений, особенно на мало буферных слабо-окультуренных дерново-подзолистых почвах, повышается актуальная, обменная и гидролитическая кислотность, уменьшается степень насыщенности почвы основаниями, увеличивается содержание подвижных форм алюминия и марганца. В результате ухудшаются условия роста растений и снижается эффективность удобрений. Возрастает потребность в известковании. Особенно сильно реагируют на подкисляющее действие аммонийных удобрений культуры, чувствительные к почвенной кислотности: клевер, пшеница, ячмень, свекла, капуста.

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

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

При правильном применении жидкие азотные удобрения дают такие же прибавки урожайности культур, как и равная доза азота в аммиачной селитре.

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

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

почве. В зоне внесения безводного аммиака происходит временная стерилизация почвы и скорость нитрификации замедляется.

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

При работе с жидкими азотными удобрениями следует соблюдать правила техники безопасности, так как пары аммиака вызывают раздражение слизистых оболочек глаз и дыхательных путей, удушье и кашель. При осмотре и ремонте емкостей из-под этих удобрений необходимы меры предосторожности, так как смесь аммиака с воздухом взрывоопасна.

Аммонийно-нитратные удобрения. Аммиачная селитра (азотнокислый аммоний, нитрат аммония) - NH_4NO_3 - основное азотное удобрение, содержит 34,0% азота. Получается нейтрализацией азотной кислоты аммиаком:

Аммиачную селитру выпускают в виде кристаллов белого цвета или гранул размером 1 - 3 мм, различной формы (сферической, в виде чешуек, пластинок). Выпускаемая гранулированная селитра менее гигроскопична, меньше слеживается, сохраняет хорошую рассеваемость, особенно если в процессе ее получения вводятся в небольших количествах специальные кондиционирующие (гидрофобные) добавки.

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

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

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

На почвах, насыщенных основаниями (сероземы, черноземы), в растворе образуются азотнокислые соли кальция (или магния) и почвенный раствор не подкисляется даже при систематическом внесении высоких норм удобрения. Для этих почв аммиачная селитра - одна из лучших форм азотных удобрений.

На кислых дерново-подзолистых почвах более высокий эффект, особенно при систематическом применении, дает нейтрализованная, или известковая, аммиачная селитра $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$. Она содержит 18 - 23% азота и получается сплавлением или смешением азотнокислого аммония с эквивалентным количеством извести, мела или доломита.

Мочевина (карбамид) - $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ - содержит не менее 46% азота. Получается синтезом из аммиака и углекислого газа при высоких давлениях и температуре. Белый мелкокристаллический продукт, хорошо растворимый в воде.

Гигроскопичность при температуре до 20°C сравнительно небольшая. При хороших условиях хранения слеживается мало, сохраняет удовлетворительную рассеиваемость. Особенно хорошими физическими свойствами обладает гранулированная мочевины.

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

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

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

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

Для снижения потерь азота и консервации азота мочевины и аммиачных удобрений в почве в аммонийной форме используются ингибиторы нитрификации. Эти препараты при внесении в почву в дозе 0,5 - 2 кг на 1 га вместе с аммонийными удобрениями и мочевиной тормозят нитрификацию в течение 2 месяцев и сохраняют минеральный азот почвы и удобрений в аммонийной форме. Подавляя нитрификацию азота удобрений, ингибиторы (как выявили опыты с ^{15}N) снижают в 1,5 - 2 раза его потери в газообразной форме и вследствие вымывания нитратов. В результате этого под влиянием ингибиторов, как показали полевые опыты с различными культурами, значительно повышаются урожай и эффективность азотных удобрений. Наиболее перспективно применение ингибиторов нитрификации в районах орошаемого земледелия, особенно под хлопчатник и на рисовых плантациях, а также под другие культуры в зоне достаточного увлажнения на легких почвах.

5.3. Фосфорные удобрения, их ассортимент, способы получения. Свойства основных фосфорных удобрений, взаимодействие их с почвой и применение. Фосфоритование кислых почв. Приемы повышения эффективности фосфорных удобрений

Фосфорные удобрения в зависимости от растворимости и доступности для растений подразделяют на три группы. Удобрения, содержащие фосфор в водорастворимой форме - суперфосфат простой и суперфосфат двойной. Фосфор из этих удобрений легко доступен растениям.

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

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

В ассортименте фосфорных удобрений наибольшая доля приходится на сложные удобрения - аммофос, нитроаммофоску, а также – простой и двойной суперфосфат.

Суперфосфат простой получают обработкой размолотого апатита или фосфорита серной кислотой. Простой суперфосфат из апатита содержит 14 - 20% усвояемого фосфора в расчете на P_2O_5 .

Суперфосфат выпускается в виде гранул размером 1 - 4 мм. Гранулированный суперфосфат обладает хорошими физическими свойствами: не слеживается, сохраняет хорошую рассеваемость.

Двойной суперфосфат в отличие от простого имеет высокое содержание усвояемого фосфора в расчете на P_2O_3 – 42 - 49% и не содержит гипса. Фосфор находится в нем в виде водорастворимого монокальцийфосфата $Ca(H_2PO_4)_2 \times H_2O$ и небольшого количества свободной фосфорной кислоты (2,5 - 5,0%).

Двойной суперфосфат выпускают в гранулированном виде.

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

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

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

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

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

В рядки при посеве зерновых, зернобобовых культур, льна и сахарной свеклы вносится 10 - 15 кг P_2O_6 на 1 га в виде суперфосфата; в лунки при посадке картофеля и овощных культур – 15 - 30 кг P_2O_5 на 1 га; при посеве кукурузы - 4 - 8 кг P_2O_5 на 1 га.

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

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

Преципитат — $CaHPO_4 \times 2H_2O$ - двухзамещенный фосфат кальция (дикальцийфосфат) содержит 38% фосфора в расчете на P_2O_5 . Получается путем кислотной переработки фосфатов при осаждении фосфорной кислоты известковым молоком или мелом, а также в качестве отхода при желатиновом производстве.

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

Фосфатшлак мартеновский — побочный продукт переработки мартеновским способом богатых фосфором чугунов на сталь и железо. Содержит 16–19% P_2O_5 в виде силикофосфата ($4CaO \times P_2O_5 \times CaSiO_3$) в усваиваемой растением форме, 26–41% CaO, 4–12% MgO. Применяемый в качестве удобрений фосфатшлак должен содержать не менее 10% растворимого в 2%-ной лимонной кислоте фосфора (в расчете на P_2O_5) и иметь тонкий помол (80% продукта должно проходить через сито с диаметром 0,18 мм). Может использоваться как основное удобрение на всех почвах, но наиболее эффективен благодаря щелочным свойствам на кислых дерново-подзолистых и серых лесных почвах. Фосфатшлак нельзя смешивать с аммонийными удобрениями во избежание потерь азота в форме аммиака.

Подобными свойствами обладает томасшлак - $Ca_3(PO_4)_2 \times CaO$ - побочный продукт при переработке богатых фосфором чугунов на сталь и железо по щелочному способу Томаса. В мировом производстве фосфорных удобрений томасшлак занимает существенное место. В нем должно содержаться не менее 14% растворимого в 2%-ной лимонной кислоте фосфора в расчете на P_2O_5 .

Термофосфаты — $Ca_5(PO_4)_3F + 2Na_2CO_3 + SiO_2 = 3CaNaPO_4 + Ca_2SiO_4 + 2CO_2 + NaF$ - получают сплавлением или спеканием размолотого фосфорита или апатита с щелочными солями - содой или поташом, или природными магниевыми силикатами, а также с сульфатами калия, натрия и магния. При этом образуются усвояемые растениями кальциево-натриевые или кальциево-калиевые фосфорнокислые соли, а также другие фосфаты и силикофосфаты.

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

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

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

Обесфторенный фосфат, так же как томасшлак, нельзя смешивать с аммонийными удобрениями. Может применяться как основное удобрение на всех почвах. На дерновоподзолистых и черноземных почвах по эффективности не уступает суперфосфату.

Фосфоритная мука получается путем размола фосфорита до состояния тонкой муки. Фосфор в ней содержится в виде соединений фторапатита, гидроксилapatита, карбонатапатита (то есть находится в основном в форме трехкальциевого фосфата $Ca_3(PO_4)_2$). Эти соединения не растворимы в воде и слабых кислотах и слабодоступны для большинства растений.

Фосфоритная мука негигроскопична, не слеживается, может смешиваться с любым удобрением, кроме извести. Туковая промышленность выпускает че-

тыре сорта фосфоритной муки с общим содержанием P_2O_5 : высший сорт - 30%; 1-й - 25; 2-й - 22; 3-й - 19%.

Для изготовления фосфоритной муки могут быть использованы низкопроцентные фосфориты, непригодные для химической переработки в суперфосфат. Эффективность фосфоритной муки зависит от состава фосфоритов, тонины помола, особенностей растений, свойств почвы и сопутствующих удобрений. Эффективность фосфоритной муки увеличивается с повышением тонины помола. Чем тоньше частицы, тем больше их поверхность и соприкосновение с почвой и лучше происходит разложение фосфоритной муки под действием почвенной кислотности до усвояемых растениями соединений. По стандарту не менее 80% частиц должно проходить через сито с размером ячеек 0,18 мм.

Лишь немногие растения (люпин, горчица, гречиха и отчасти эспарцет, горох и конопля) могут усваивать фосфор фосфоритной муки при нейтральной реакции почвенного раствора, т. е. без предварительного разложения ее под действием почвенной кислотности.

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

В разложении фосфоритной муки участвует не только актуальная, но и потенциальная кислотность. Под влиянием почвенной кислотности фосфоритная мука превращается в усвояемый растениями дикальцийфосфат $CaHPO_4$. Чем больше гидролитическая кислотность, тем выше эффективность фосфоритной муки. При одной и той же гидролитической кислотности действие фосфоритной муки тем выше, чем меньше емкость поглощения почвы.

Норма фосфоритной муки устанавливается также в зависимости от кислотности почвы. На сильно- и среднекислых почвах (рН 5,0 и меньше) можно вносить фосфоритную муку в той же норме, что и суперфосфат, а на слабокислых почвах — в двойной и даже тройной норме. На пропашные культуры - сахарную свеклу, картофель, кукурузу и др. Положительное пролангированное действие фосфоритной муки продолжается в течение нескольких лет. Чем больше норма фосфоритной муки, тем выше и продолжительнее ее действие.

Для увеличения содержания подвижного фосфора в кислых почвах практикуется прием фосфоритования - внесения высоких норм (до 500 кг/га и более) фосфоритной муки. При этом одновременно достигается некоторое снижение кислотности почвы.

5.4. Калийные удобрения, их ассортимент, способы получения. Сырые калийные соли. Промышленные калийные удобрения. Состав и свойства основных калийных удобрений. Превращение в почве и применение калийных удобрений. Условия эффективного применения калийных удобрений

Для производства калийных удобрений используют природные месторождения калийных солей. Крупнейшие месторождения хлористых калийных солей в Российской Федерации – Соликамское, которое представлено карналлитом $KCl \times MgCl_2 \times 6H_2O$ и сильвинитом $nKCl + mNaCl$.

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

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

Сильвинит — $nKCl + mNaCl$ - содержит не менее 22% KCl и 67—72% $NaCl$, K_2O — не менее 14%. Выпускается в грубом размолотом (размер кристаллов 1—5 мм и более). По внешнему виду представляет смесь крупных кристаллов белого, розового, бурого и синего цветов. Обладает незначительной гигроскопичностью, но при хранении во влажном помещении отсыревает, а при подсушивании слеживается.

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

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

Каинит — $KMg(SO_4)Cl \times 3H_2O$ с большой примесью $NaCl$; содержит не менее 10% K_2O , 6—7% MgO , 32—35% Cl и 22—25% Na_2O , 15—17% SO_4 . Получается при размолотом каинитовой или каинито-лангбейнитовой породы. Так же, как и сильвинит, применяется в качестве основного удобрения. Благодаря примеси $MgSO_4$ и $NaCl$ внесение каинита под сахарную свеклу и другие корнеплоды, капусту, клевер дает хорошие результаты, особенно на легких почвах.

Промышленные калийные удобрения

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

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

40%-ная калийная соль получается механическим смешиванием хлористого калия с тонкоразмолотым сильвинитом или каинитом. Калийная соль наиболее эффективна для сахарной свеклы и кормовых корнеплодов, которые положительно реагируют на натрий и малочувствительны к хлору. Для культур, чувствительных к избытку хлора, она менее пригодна, чем хлористый калий. Вносится калийная соль в качестве основного удобрения с глубокой заделкой под плуг, лучше с осени под зябь.

Сульфат калия (сернокислый калий) - K_2SO_4 - содержит не менее 46% K_2O , влаги не более 2%. По внешнему виду - мелкокристаллическая соль сероватого цвета, растворимая в воде.

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

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

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

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

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

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

На почвах среднего и тяжелого механического состава калийные удобрения необходимо вносить с осени под зяблевую вспашку. При этом они размещаются в более влажном слое почвы, где развивается основная масса деятель-

ных корней, и поэтому калий лучше усваивается растениями.

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

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

В более резкой форме подкисление наблюдается только при систематическом внесении высоких норм калийных удобрений, особенно низкопроцентных калийных солей, на почвах, не насыщенных основаниями.

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

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

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

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

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

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

5.5. Роль микроудобрений в повышении урожайности и качества продукции при внедрении современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Способы применения и дозы микроудобрений

Микроэлементы необходимы растениям в очень небольших количествах - их содержание составляет тысячные и десятитысячные доли процентов массы растений. Однако каждый из них выполняет строго определенные функции в обмене веществ, питании растений и не может быть заменен другим элементом.

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

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

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

Борная кислота и бура применяются для предпосевной обработки семян (дозы соответственно 100—200 и 200—300г на 1га) и некорневых подкормок (0,2 - 0,4кг В на 1га). Остальные борсодержащие удобрения вносятся в почву из расчета 0,5 - 0,8кг В на 1га. Применение борных удобрений в первую очередь рекомендуется под сахарную свеклу, лен, семенники бобовых трав, корнеплоды, овощи и плодовые культуры на известкованных дерново-подзолистых, дерново-глеевых, торфяных почвах, выщелоченных черноземах и на легких почвах.

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

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

Молибденовые удобрения. Наиболее эффективно применение молибдена под зернобобовые и овощные культуры, многолетние и однолетние бобовые травы, на лугах и пастбищах с бобовым компонентом в травостое на кислых

дерново-подзолистых, серых лесных почвах и выщелоченных черноземах. Подвижных форм молибдена в кислых почвах очень мало, так как при кислой реакции он находится в недоступной для растений форме. Известкование кислых почв увеличивает подвижность молибдена в почве и его доступность для растения, уменьшает или полностью устраняет потребность в молибденовых удобрениях.

В качестве молибденовых удобрений применяются молибденово-кислый аммоний (содержащий 52% молибдена); порошок, содержащий молибден (14,5 - 16,5%); суперфосфат простой и двойной (0,1 - 0,2% молибдена) и отходы электроламповой промышленности, содержащие 0,3 - 0,4% молибдена в водорастворимой форме

Первые два удобрения используются для предпосевной обработки семян (50 - 70г Мо на гектарную норму семян при опрыскивании раствором молибдата аммония или опудривании порошком, содержащим Мо).

Молибдат аммония применяется для некорневых подкормок из расчета 100 - 200г Мо на 1га. Молибденизированный суперфосфат вносят в рядки при посеве (с обычной дозой фосфора 10 - 15кг на 1 га вносится 50 - 75г Мо на 1 га), а содержащие молибден отходы промышленности применяют в почву до посева (0,2 - 0,3кг Мо на 1га).

Применение молибдена на кислых почвах повышает урожайность гороха на 3 - 4 ц на 1 га, сена клевера и вики - соответственно на 8 - 10 и 7 - 9, семян клевера — на 0,5 - 1, моркови — на 70 - 80ц на 1га, салата, редиса и капусты — на 20 - 30%. Под влиянием молибдена значительно улучшается и качество продукции; увеличивается содержание белка в зерне и сене бобовых культур, витаминов и сахара в овощах.

Марганцевые удобрения. Недостаток марганца чаще всего проявляется на черноземных и дерново-карбонатных почвах с нейтральной или щелочной реакцией, особенно на песчаных и супесчаных, а также на карбонатных торфяниках. Дерново-подзолистые кислые почвы характеризуются высоким содержанием подвижного (обменного) марганца, поэтому применение марганцевых удобрений на этих почвах может оказать отрицательное действие, так как избыток марганца вреден для растений. При известковании кислых почв внесение марганцевых удобрений может быть эффективным.

Марганцевые удобрения применяют главным образом под сахарную свеклу, кукурузу, картофель, овощные и плодово-ягодные культуры, обеспечивая значительное повышение урожайности.

В качестве марганцевых удобрений используют сернокислый марганец, содержащий 21 - 22% марганца, марганезированный гранулированный суперфосфат с содержанием марганца 1,5 - 2% и отходы марганцево-рудной промышленности — марганцевые шламы, содержащие от 9 до 15% марганца в труднорастворимых формах. Марганцевые шламы можно вносить перед посевом под зяблевую вспашку или перепашку зяби (3 - 4 ц на 1 га), в почву при подкормках (0,5 - 1 ц на 1 га). Марганезированный суперфосфат используют в основном для припосевного внесения в рядки. Сернокислый марганец является растворимой солью и применяется для предпосевной обработки (намачивания

или опудривания) семян (50 - 100г на 1ц семян) и для некорневой подкормки (0,05%-ный раствор соли при расходе 300 - 500 л на 1га).

Медные удобрения. Особенно бедны медью вновь освоенные низинные торфяники и заболоченные почвы с нейтральной или щелочной реакцией, а также дерново-глеевые почвы. Применение медных удобрений на этих почвах - неперемное условие получения высоких урожаев. Зерновые культуры на торфяниках без медных удобрений дают ничтожные урожаи зерна — 2 - 3 ц с 1 га, а при их внесении урожайность повышается до 20 - 25 ц с 1 га.

Хорошо отзываются на медь также лен, конопля, сахарная свекла, подсолнечник, горчица, горох, тимофеевка, менее отзывчивы кормовая и столовая свекла, турнепс, морковь. Медные удобрения положительно влияют и на качество продукции: увеличивается содержание белка в зерне, сахара в корнеплодах, витамина С в плодах и овощах. Наиболее устойчивы к недостатку меди картофель, а также капуста и рожь.

В качестве медных удобрений главным образом применяют отходы серно-кислотной промышленности — пиритные огарки, содержащие 0,25—0,6% меди, а также медный купорос $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$, содержащий 23—25% меди. Пиритные огарки вносят раз в 4 - 5 лет с осени под зяблевую вспашку (0,8—1,5 кг Cu на 1 га) или весной, не позднее чем за 10—15 дней до посева. Медный купорос может применяться для некорневой подкормки и для предпосевного намачивания семян. Для подкормки растворяют 250—500 г медного купороса в 300—500 л воды. Расход соли для предпосевной обработки 50—100г на 1ц семян. На торфяных почвах эффективно применение медно-калийных удобрений (57% K_2O и 1 % Cu в водорастворимой форме).

Цинковые удобрения. Недостаток цинка чаще всего проявляется у плодовых и citrusовых на карбонатных почвах с нейтральной и слабощелочной реакцией. В этом случае у деревьев слабо закладываются плодовые почки, на концах ветвей образуются побеги с укороченными междоузлиями и мелкими листьями («розеточность»), плоды бывают уродливые и мелкие. Среди полевых культур к недостатку цинка чувствительны кукуруза, фасоль, соя, картофель и некоторые овощные растения. Валовое содержание цинка в почвах колеблется от 25 до 65мг на 1кг почвы. Более подвижен и доступен растениям цинк в кислых почвах. Бедны им карбонатные почвы, особенно зафосфаченные, вследствие систематического применения высоких норм фосфорных удобрений. На этих почвах чаще возникает потребность в цинковых удобрениях.

В качестве цинковых удобрений применяют сульфат цинка ($\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$), содержащий 21—23% Zn, цинко-суперфосфат, содержащий 0,1% Zn в водорастворимой форме и отходы промышленности, в частности шлаки медеплавильных заводов, содержащие 2—7% Zn, последние чаще всего вносят в почву в дозе 0,5—1,5ц на 1 га. ZnSO_4 применяют для некорневой подкормки (200—400 л 0,01 — 0,02%-ного раствора на 1 га) и предпосевной обработки семян (6—8 л 0,05—0,1%-ного раствора на 1 ц семян). Обогащенный цинком суперфосфат вносят в почву при посеве и в основное удобрение.

Потребность различных сельскохозяйственных культур в отдельных микроэлементах на разных почвах неодинакова. Хорошо окультуренные систематиче-

ски удобряемые навозом почвы обычно содержат достаточное количество подвижных форм микроэлементов и поэтому не требуют внесения микроудобрений.

При недостатке в почвах доступных форм бора, марганца, меди, молибдена, а в определенных условиях также кобальта, цинка, йода, ванадия и других микроэлементов наблюдаются специфические заболевания культур, они дают низкий и неполноценный по качеству урожай. В этом случае применение соответствующих микроудобрений устраняет заболевание растений и значительно повышает урожай и качество растениеводческой продукции. Под действием микроэлементов у многих растений повышается сахаристость, увеличивается содержание крахмала или белка, витаминов и жиров. Возрастает также устойчивость растений к засухе, высоким и низким температурам, снижается их поражаемость вредителями и болезнями. Значение микроэлементов выходит далеко за пределы растениеводства, поскольку с недостатком микроэлементов часто связаны многие заболевания животных и людей.

Более высокая эффективность применения микроудобрений, как правило, наблюдается при хорошей обеспеченности растений основными элементами питания - азотом, фосфором и калием. В то же время внесение необходимых микроэлементов значительно повышает действие азотных, фосфорных и калийных удобрений. При внесении микроэлементов обеспечивается лучшее использование растениями питательных элементов из почвы и минеральных удобрений.

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

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

Потребности сельского хозяйства в микроудобрениях будут покрываться в будущем в значительной мере за счет производства обогащенных микроэлементами основных форм односторонних и комплексных минеральных макроудобрений. Экономическая оценка показывает их высокую эффективность.

5.6. Комплексные удобрения. Сложные и смешанные минеральные удобрения. Ассортимент сложных удобрений. Способы получения сложных удобрений. Агрономическая и экономическая эффективность использования сложных и смешанных минеральных удобрений

Комплексные удобрения подразделяют по составу на двойные (например, азотно-фосфорные, азотно-калийные или фосфорно-калийные) и тройные (азотно-фосфорно-калийные). По способу производства их делят на сложные, сложно смешанные (или комбинированные) и смешанные удобрения.

Сложные удобрения содержат два или три питательных элемента в составе одного химического соединения. Например, аммофос - $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, калийная

селитра - KNO_3 , магний - аммонийфосфат MgNH_4PO_4 . Соотношение между питательными элементами в этих удобрениях определяется их формулой.

К сложносмешанным или комбинированным удобрениям относятся комплексные удобрения, получаемые в едином технологическом процессе и содержащие в одной грануле два или три основных элемента питания растений, хотя и в виде различных химических соединений. Они производятся путем специальной как химической, так и физической обработки первичного сырья или различных одно- и двухкомпонентных удобрений. К ним относятся: нитрофос и нитрофоска, нитроаммофос и нитроаммофоска, полифосфаты аммония и калия, карбоаммофосы, фосфорно-калийные прессованные удобрения, жидкие комплексные удобрения. Соотношение между элементами питания в этих удобрениях определяется количеством исходных материалов при их получении. Для сложных и комбинированных удобрений характерна высокая концентрация основных питательных элементов и отсутствие либо малое количество балластных веществ, что обеспечивает значительную экономию труда и средств на их транспортировку, хранение и применение.

Ассортимент комплексных удобрений представлен в основном следующими формами: двойные азотно-фосфорные удобрения — аммофос, нитроаммофосы и нитрофосы и двойные фосфорно-калийные удобрения — фосфаты калия, тройные сложные удобрения — аммофоски, нитроаммофоски и нитрофоски, магний-аммонийфосфат.

Смешанные удобрения - это смеси простых удобрений, получаемые в заводских условиях, или на тукосмесительных установках на местах использования удобрений путем «сухого» смешивания.

Сложные удобрения. *Аммофос* — концентрированное комплексное фосфорно-азотное удобрение получают нейтрализацией ортофосфорной кислоты аммиаком. Основу аммофоса составляют моноаммонийфосфат $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ и частично диаммонийфосфат $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Удобрение малогигроскопично, хорошо растворимо в воде.

В аммофосе, который выпускается в виде двух марок — «А» и «Б», содержится 9 - 11% N и 42 - 50% P_2O_5 , т. е. отношение N: P_2O_5 в удобрении чрезмерно широкое, равно 4 (азота содержится в 4 раза меньше, чем фосфора). Это высококонцентрированное удобрение, содержащее азот и фосфор в хорошо усвояемой растениями, преимущественно водорастворимой форме. 1 ц аммофоса заменяет не менее 2,5ц простого суперфосфата и 0,35ц аммиачной селитры.

Аммофос можно вносить в качестве основного удобрения в рядки при посеве под все культуры и в подкормку — под пропашные, технические культуры и овощи. Недостаток этого удобрения в том, что азота в нем содержится значительно меньше, чем фосфора, тогда как в практике чаще всего их вносят в одинаковых дозах. Поэтому для получения нормального соотношения N и P_2O_5 к аммофосу необходимо добавлять определенное количество одностороннего азотного удобрения — NH_4NO_3 или $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. При внесении этих удобрений до посева под хлопчатник и под озимые культуры их можно использовать и без дополнения азотными удобрениями, так как в этом случае недостаток азота компенсируется внесением азотных удобрений в подкормку. Аммофос можно

непосредственно применять и в качестве припосевного (рядкового) удобрения под хлопчатник, картофель и зерновые культуры.

Результаты многих полевых опытов с различными культурами и в разных зонах страны показали, что эффективность аммофоса (как одного, так и дополненного азотным удобрением) обычно выше, чем смеси простых удобрений (суперфосфата и аммиачной селитры), при равных нормах азота и фосфора.

Магний-аммонийфосфат $MgNH_4PO_4 \times H_2O$ — тройное сложное удобрение, содержащее 10—11% азота, 39—40% доступного фосфора и 15—16% магния. Удобрение слаборастворимое в воде, медленнодействующее. Однако N, P и Mg удобрения доступны для растений.

Удобрение можно вносить как основное под все культуры в больших дозах без вреда для растений. Удобрение эффективно при выращивании овощей в условиях защищенного грунта.

Сложносмешанные, или комбинированные удобрения

Нитрофосы и нитрофоски — соответственно двойные и тройные удобрения — получают разложением апатита или фосфорита азотной кислотой. При этом получается кальциевая селитра и дикальцийфосфат (с примесью монокальцийфосфата): $Ca_3(PO_4)_2 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + 2CaHPO_4$.

Из-за сильной гигроскопичности $Ca(NO_3)_2$ такая смесь быстро отсыревает. Для улучшения физических свойств удобрения избыток кальция выделяют из раствора, для чего нитрат кальция переводят в другие соединения. Это достигается различными способами. К смеси горячей пульпы добавляют аммиак и серную кислоту или сульфат аммония (сернокислотная и сульфатная схемы). При этом вместо $Ca(NO_3)_2$ образуются менее гигроскопичный нитрат аммония и гипс. По другому способу для выделения избытка кальция из раствора в пульпу добавляют аммиак и более дешевую угольную кислоту. Получается карбонатная нитрофоска. Применяют также вымораживание нитрата кальция с последующей обработкой смеси аммиаком и серной кислотой — получается вымороженный нитрофос. При добавлении к нитрофосам KCl получают тройные удобрения, называемые нитрофосками. Перспективным способом является получение фосфорной нитрофоски. В этом случае к смеси $Ca(NO_3)_2$, $CaHPO_4$ и $Ca(H_2PO_4)_2$, получаемой после разложения апатита или фосфорита азотной кислотой, добавляют аммиак, фосфорную кислоту и хлористый калий. Фосфорная нитрофоска — безбалластное и высококонцентрированное удобрение, содержащее 50% питательных веществ. До 50% содержащегося в ней фосфора находится в водорастворимой форме. Ее можно применять для допосевного и припосевного внесения.

В нитрофосках азот и калий находятся в форме легкорастворимых соединений (NH_4NO_3 , NH_4Cl , KNO_3 , KCl), а фосфор — частично в виде дикальцийфосфата, нерастворимого в воде, но доступного для растений, и частично в форме водорастворимого фосфата аммония и монокальцийфосфата. В зависимости от технологической схемы процесса содержание в нитрофосках водорастворимого и цитратнорастворимого фосфора может изменяться. В карбонатной нитрофоске водорастворимого фосфора не содержится, поэтому она применя-

ется только как основное удобрение на кислых почвах.

В нашей стране выпускается одна марка гранулированной нитрофоски с общим содержанием питательных веществ не менее 33% (11% N, 11% P₂O₅ и 11% K₂O).

Нитрофоску вносят в качестве основного удобрения до посева, а также в рядки или лунки при посеве и в подкормку. Эффективность ее практически такая же, как и эквивалентных количеств смеси простых удобрений.

Нитрофоска имеет определенное соотношение азота, фосфора и калия, а так как разные почвы различаются по содержанию отдельных питательных веществ и потребность в них растений также неодинакова, то при внесении нитрофоски (как и других сложных и комбинированных удобрений) часто возникает необходимость в некоторой корректировке, т. е. дополнительном внесении того или иного недостающего элемента в виде простых удобрений

Нитроаммофосы и нитроаммофоски получают при нейтрализации аммиаком смесей азотной и фосфорной кислот. Удобрение, получаемое на основе моноаммонийфосфата, называется нитроаммофосом, при введении калия — нитроаммофоской. Эти комплексные удобрения отличаются более высоким, чем нитрофоски, содержанием питательных веществ, причем при их получении имеется широкая возможность для изменения отношений между N, P и K в их составе. Нитроаммофосы могут выпускаться с содержанием N 30—10% и P₂O₅ 27—14%. В нитроаммофосках общее содержание питательных веществ (N, P и K) составляет 51% (в марках «А» — 17—17—17 и «Б» — 13—19—19). Питательные элементы, не только азот и калий, но и фосфор, содержатся в водорастворимой форме и легкодоступны растениям. Эффективность нитроаммофосок такая же, как смеси простых водорастворимых удобрений.

Жидкие комплексные удобрения (ЖКУ) получают нейтрализацией орто- и полифосфорной кислот аммиаком с добавлением азотсодержащих растворов (мочевины, аммиачной селитры) и хлористого или сернокислого калия, а в отдельных случаях и солей микроэлементов. При насыщении ортофосфорной кислоты аммиаком образуются аммофос и диаммофос.

Общее содержание питательных веществ в жидких комплексных удобрениях на основе ортофосфорной (экстракционной или термической) кислоты сравнительно невысокое (24—30%), так как в более концентрированных растворах при низких температурах происходят кристаллизация солей и выпадение их в осадок. Соотношение азота, фосфора и калия в ЖКУ может быть различным, содержание N — 5 - 10%, P₂O₅ — 5 - 14 и K₂O — 6 - 10%. В нашей стране выпускается в основном ЖКУ с соотношением питательных веществ 9:9:9, а также с другим соотношением (7:14: 7; 6: 18: 6; 8: 24 : 0 и др.).

На основе полифосфорных кислот получают ЖКУ с более высоким общим содержанием питательных веществ (более 40%), в частности удобрения состава 10: 34: 0 и :37: 0, которые получают насыщением суперфосфорной кислоты аммиаком. Эти «базисные» удобрения используют для получения тройных ЖКУ различного состава, добавляя к ним мочевину или аммиачную селитру и хлористый калий.

Для повышения концентрации питательных веществ в жидких комплекс-

ных удобрениях добавляют к ним стабилизирующие добавки — 2—3% коллоидно-бентонитовой глины или торфа. Эти удобрения называют суспензированными. Базисное суспензированное удобрение имеет состав 12: 40: 0, на его основе можно готовить тройные ЖКУ различного состава (15: 15: 15; 10: 30: 10; 9: 27: 13 и др.). Коллоидная глина или торф удерживают соли от выпадения в осадок. Жидкие комплексные удобрения по эффективности не уступают смеси твердых односторонних туков и комплексным удобрениям типа нитроаммофоски. Особенно эффективно их применение на карбонатных черноземах и сероземах. При применении жидких комплексных удобрений необходим комплекс специального оборудования для их перевозки, хранения и внесения. Применять их можно теми же способами, что и твердые: сплошным распределением по поверхности почвы перед вспашкой, культивацией и боронованием, при посеве, а также в подкормки — при междурядной обработке пропашных или поверхностно на культурах сплошного посева.

Сложносмешанные гранулированные удобрения готовят смешиванием простых и сложных порошковидных удобрений (аммофоса, простого или двойного суперфосфата, аммиачной селитры или мочевины, хлористого калия) в барабанном грануляторе с добавлением аммиака для нейтрализации свободной кислотности суперфосфата и фосфорной кислоты (или аммофоса) для обогащения смеси фосфором. Выпускаемые в промышленном масштабе в нашей стране сложносмешанные гранулированные удобрения имеют следующий состав: 10: 10: 10; 12: 8: 12; 10: 10: 15; 9:17: 17. Общее содержание питательных веществ в них от 30 до 45%.

В состав сложных твердых и жидких удобрений в процессе их производства могут быть введены и микроэлементы, а также гербициды и ядохимикаты.

Смешанные удобрения получают при смешивании двух или трех простых негранулированных или гранулированных удобрений на специальных тукосмесительных заводах, на крупных механизированных складах агрохимцентров или непосредственно в хозяйствах. При этом достигается значительная экономия труда и времени на внесение удобрений по сравнению с отдельным внесением и повышается их эффективность, так как все необходимые удобрения вносят в один след, они более равномерно распределяются по полю, отдельные элементы питания находятся в общих очагах.

Тукосмеси могут готовиться различного состава, с разным соотношением N :P :K в зависимости от потребностей удобряемой культуры и свойств почвы. В этом отношении тукосмеси имеют преимущество перед комплексными удобрениями, которые выпускают с содержанием питательных веществ, не всегда подходящим для внесения под культуры и на разных почвах. Однако не все удобрения можно смешивать друг с другом, так как в результате химических реакций между ними могут происходить нежелательные изменения — ухудшение физических свойств или уменьшение растворимости, или потеря необходимых питательных веществ

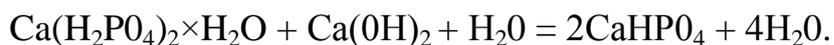
При смешивании суперфосфата и фосфоритной муки с калийными удобрениями, а также аммиачной селитры и сульфата аммония с преципитатом, фосфоритной мукой и калийными удобрениями не происходит каких-либо не-

желательных изменений. Даже при длительном правильном хранении такие тукоsmеси имеют хорошие физические свойства.

При смешивании аммонийных солей (сульфата аммония, нитрата аммония, аммофоса) с щелочными удобрениями (известью, золой, томасшлаком и термофосфатами) происходят потери азота вследствие выделения аммиака, например:



При смешивании суперфосфата с известью растворимая в воде соль монокальцийфосфат переходит в нерастворимую форму — в ди- или трикальцийфосфат:



Поэтому указанные выше удобрения нельзя смешивать друг с другом. При заблаговременном смешивании сульфата аммония и аммиачной селитры с суперфосфатом получается мажущаяся смесь, неудобная для рассева, а при хранении она затвердевает. Поэтому смешивать эти удобрения следует непосредственно в день внесения.

Для улучшения физических свойств смеси наиболее распространенных удобрений — аммиачной селитры и суперфосфата в гранулированных формах и хлористого калия — необходимо для нейтрализации свободной кислотности суперфосфата и снижения его гигроскопичности добавлять небольшое количество (10—15%) нейтрализующих добавок (молотого известняка или доломита, фосфоритной муки). При этом сохраняется хорошая рассеваемость смеси даже при хранении ее в течение 4—5 мес.

Мочевину можно смешивать перед внесением со всеми формами фосфорных и калийных удобрений, а смесь ее с суперфосфатом сохраняет хорошие физические свойства и при заблаговременном смешивании. Физические свойства и рассеваемость смесей резко улучшаются при смешивании гранулированных удобрений, особенно при одинаковых размерах гранул.

Приготовление тукоsmесей необходимо проводить с учетом потребности отдельных культур в определенном соотношении питательных веществ (N: P₂O₅: K₂O), а также свойств почвы и способов внесения удобрений (основное, припосевное, подкормка). Для приготовления тукоsmесей с высоким общим содержанием питательных веществ и хорошими физическими свойствами необходимо использовать в первую очередь мочевину или аммиачную селитру, суперфосфат двойной и аммонизированный или аммофос, флотационный (крупнокристаллический хлористый калий) KCl. Механизированное приготовление и внесение тукоsmесей дают большой экономический эффект по сравнению с отдельным внесением односторонних удобрений.

Для дозирования и смешивания простых (односторонних) удобрений используют тукоsmесительные установки.

Приготовленные смеси минеральных удобрений должны обладать хорошими физико-механическими свойствами, не слеживаться, не расслаиваться при транспортировке и внесении.

5.7. Транспортировка, хранение и технология внесения минеральных удобрений. Агроэкологические требования. Безопасность жизнедеятельности при работе с минеральными удобрениями

Для организации правильного хранения, транспортировки, смешивания и внесения минеральных удобрений необходимо знать их основные физико-химические и механические свойства, определяющие (наряду с содержанием действующего вещества) качество поставляемых сельскому хозяйству удобрений и приготавливаемых тукосмесей.

Ниже дается краткая характеристика важнейших взаимосвязанных показателей этих свойств удобрений.

Влажность поставляемых сельскому хозяйству промышленных удобрений (ее максимально допустимый уровень) должна составлять для азотных удобрений 0,15 - 0,3%, суперфосфатов – 3 - 4, остальных удобрений – 1 - 2%. От влажности зависят все основные физико-механические свойства удобрений.

Гигроскопичность характеризует способность удобрений поглощать влагу из воздуха. При повышенной гигроскопичности удобрения отсыревают, сильно смешиваются, ухудшается их сыпучесть и рассеиваемость, гранулы теряют свою прочность. Гигроскопичность удобрений оценивается по 10-балльной шкале. Кальциевая селитра имеет балл гигроскопичности около 9, гранулированная аммиачная селитра и мочевины - 5, гранулированный простой и аммонизированный суперфосфат - соответственно 4 - 5 и 1 - 3, а хлористый калий – 3 - 4.

Гигроскопичность удобрений определяет способ их упаковки, условия транспортировки и хранения. Бестарное хранение и транспортировка допустимы только для удобрений с баллом гигроскопичности меньше 3.

Предельная влагоемкость характеризуется максимальной влажностью удобрения, при которой сохраняется его способность к хорошему рассеиванию туковыми сеялками. При смешивании влажных удобрений получают смеси с плохой сыпучестью.

Плотность - масса единицы объема удобрения или тукосмеси, выражаемая в т на 1 м^3 . Она учитывается при определении необходимой емкости складов, тары, грузопместимости транспортных средств и т. д. Зная насыпную плотность минеральных удобрений, можно, наоборот, от их объема перейти к массе (см. приложение 1).

Угол естественного откоса — угол между горизонтальной плоскостью, на которой насыпью размещается удобрение, и плоскостью откоса кучи (касательной линией по боковой ее поверхности). Его величину необходимо учитывать при закладке удобрений на хранение насыпью, при проектировании бункеров, транспортных средств и т. п.

Гранулометрический состав — процентное содержание отдельных фракций удобрения, полученных путем рассеивания на ситах различного диаметра. От него зависят склонность удобрения к уплотнению, сводообразованию при хранении, слеживаемость и рассеиваемость.

При выравненном гранулометрическом составе удобрений и их смесей

обеспечивается большая закономерность рассева центробежными разбрасывателями.

Слеживаемость — склонность удобрений переходить в связанное и уплотненное состояние. Она зависит от влажности удобрений, размера и формы частиц, их прочности, давления в слое, условий и продолжительности хранения. К сильно слеживающимся удобрениям относятся аммиачная селитра, порошковый суперфосфат и мелкокристаллический хлористый калий. Сульфат калия практически не слеживается. Слеживаемость удобрений можно уменьшить за счет производства удобрений в гранулированном виде с минимальным содержанием влаги, повышенной прочности гранул, защиты от поглощения влаги из воздуха при хранении и транспортировке.

Рассеваемость — способность к равномерному рассеву удобрений — зависит прежде всего от их сыпучести (подвижности) и гранулометрического состава. Оценивается по 10-балльной шкале. Чем выше рассеваемость, тем выше балл. При хорошей рассеваемости удобрений и их смесей можно с успехом использовать простые по конструкции и высокопроизводительные центробежные разбрасыватели.

Прочность гранул определяет сохранность гранулометрического состава при транспортировке, хранении и внесении удобрений. Механическая прочность гранул на раздавливание (выраженная в кгс на 1 см^2) и истирание (в %) определяется на специальных приборах.

Государственным стандартом (ГОСТ) и техническими условиями (ТУ, разрабатываемыми с учетом особенностей производства на отдельных заводах и качества сырья) для каждого промышленного удобрения предусматривается минимальное содержание действующего вещества и максимальное содержание влаги и вредных примесей для растений, регламентируются основные показатели физико-химических и механических свойств удобрений.

Хранение, транспортировка и внесение минеральных удобрений. Правильная организация хранения, перевозки и внесения удобрений имеет важное значение для снижения потерь и повышения их эффективности.

Минеральные удобрения хранят в специальных складах, построенных по типовым проектам: прирельсовых и пристанских, а также непосредственно в хозяйствах. Хранение минеральных удобрений на открытых, необорудованных площадках приводит к значительным их потерям (до 10—15%) и к ухудшению их качества: отсыреванию, слеживанию, снижению содержания в них питательных веществ. На специально подготовленной асфальтовой или бетонной открытой площадке, от которой обеспечен отвод дождевых, талых и грунтовых вод, допускается хранение в штабелях лишь затаренных в полиэтиленовые мешки удобрений (кроме аммиачной селитры). При этом штабель следует располагать на деревянных поддонах и укрывать сверху брезентом или полиэтиленовой пленкой.

Необходимость складирования удобрений обусловлена сезонностью их применения и неравномерным поступлением в течение года. Типы и размеры складов бывают разными, они рассчитываются на определенную емкость с учетом годовой оборачиваемости удобрений. Располагают их на расстоянии не ближе 200

м от жилых, общественных и производственных зданий. Емкость прирельсовых и пристанских складов определяется исходя из количества обслуживаемых складом хозяйств, расстояния их от склада и перспективной годовой потребности в удобрениях (на 10—15 лет), а также с учетом минимальных затрат на строительство склада и доставку удобрений в сельскохозяйственные предприятия. Годовая оборачиваемость удобрений в прирельсовых складах в зависимости от зональных условий может быть двух-, трех- и четырехкратная.

Для выгрузки незатаренных удобрений склад должен иметь приемное устройство, полы в складе должны быть обязательно бетонные или асфальтовые (при хранении удобрений на земляном полу изменяются их физические свойства, они увлажняются, гранулы разрушаются).

Затаренные и незатаренные удобрения хранят в складах отдельно, размещают их по видам и формам в особых отсеках или незатаренные удобрения разделяют переносными щитами. На лицевой стороне отсека (секции) вывешивают этикетку с указанием названия удобрения, содержания в нем питательных веществ, времени получения. Незатаренные удобрения хранят насыпью высотой 2—3 м. Рассыпанные по полу удобрения немедленно убирают.

Затаренные удобрения (кроме аммиачной селитры) укладывают на плоские или стоечные поддоны в три яруса по пять рядов в каждом поддоне (всего 15 рядов). В районах достаточного и избыточного увлажнения затаренные удобрения лучше укладывать на решетчатые настилы и стеллажи. Для обеспечения сохранности упаковки при укладке необходимо соблюдать осторожность. При разрыве упаковки удобрения необходимо немедленно перезатарить.

Аммиачная селитра огнеопасна, поэтому ее хранят в специально оборудованных изолированных секциях или в отдельном складе. Пакеты с аммиачной селитрой лучше всего хранить на стеллажах или на стоечных антикоррозионных поддонах с высотой укладки 10 рядов (в 2 яруса по 5 рядов в каждом поддоне). Расстояние от штабеля до стены должно быть 1 м, между штабелями делают разрыв до 3 м.

Фосфоритную муку и пылевидные известковые удобрения хранят в специальных прирельсовых складах силосного типа. Склады должны иметь надежное весовое оборудование. Удобрения, известковые материалы и другие средства химизации можно отпускать со складов (баз) только по массе.

Транспортировка минеральных удобрений от завода до прирельсовых складов осуществляется железнодорожным транспортом и от прирельсовых складов до складов хозяйств — автотранспортом. Для снижения потерь минеральных удобрений при перевозке их железнодорожным транспортом и разгрузке вагонов необходимо соблюдать следующее. Для перевозки использовать только исправные вагоны. Затаренные удобрения перевозить в крытых железнодорожных вагонах общего назначения, преимущественно в пакетах на стоечных поддонах, устойчиво размещенных в вагоне, а для пакетной транспортировки удобрений из вагонов необходимо иметь в них широкие дверные проемы. Незатаренные гранулированные удобрения лучше всего перевозить в специализированных саморазгружающихся вагонах или (при перевозке удобрений, не выгружающихся в крытых вагонах общего назначения с самоуплотняющимися

дверями или с дверными проемами, оборудованными заградительными щитами. Фосфоритную муку и известь перевозят в железнодорожных цистернах — цементовозах или в специализированных саморазгружающихся вагонах. Недопустимы выгрузка удобрений из вагонов на открытые площадки (кроме удобрений, затаренных в полиэтиленовые мешки или контейнеры), смешивание удобрений между собой и с другими материалами.

Разгрузка вагонов производится по схеме вагон — склад или вагон — автомобиль. При этом используется приемное устройство склада, а при его отсутствии — подкатной транспортер. При выгрузке удобрений из крытого вагона общего назначения в склад применяется машина типа МВС-4. После выгрузки вагонов нужно тщательно их вычистить, собрать остатки и просыпавшиеся удобрения. При перевозке удобрений автотранспортом необходимо использовать специализированные автомашины с закрытым кузовом, а при перевозке обычными автомашинами (особенно незатаренных удобрений) оборудовать кузова верхними непромокаемыми укрытиями. После выгрузки удобрений кузова автомобилей должны быть тщательно вычищены.

Подготовка минеральных удобрений к внесению, перевозка их к полю и внесение также должны осуществляться без потерь удобрений. Подготовку удобрений к внесению, их дробление и смешивание производят непосредственно на складе с использованием дробилок и тукосмесительных машин, а при их отсутствии и выполнении этих работ вручную — обязательно на асфальтовой или бетонной площадке.

Доставка удобрений к полю и их внесение могут проводиться по прямоточной и перевалочной технологии. В первом случае их перевозят и вносят в почву одной и той же машиной (типа КСА-3, 1-РМГ-4 и т. д.), во втором — удобрения подвозят к полю автотранспортом и выгружают на специально подготовленные площадки на обочине поля с последующей погрузкой в разбрасыватели.

Для снижения потерь перед вывозкой удобрений из склада в поле необходимо тщательно заделать все щели в кузовах транспортных средств, а выгружать их в поле на подготовленные площадки. При внесении удобрений, особенно авиаметодом, возможны их потери за счет сноса за пределы удобряемой площади. При использовании центробежных разбрасывателей возможны самоистечение удобрений из бункера при отключенном подающем устройстве, просыпание их в щели, а также неравномерное распределение удобрений по полю, значительно превышающее допустимый показатель (25%), что снижает их эффективность. Потери питательных веществ удобрений, особенно при несоблюдении оптимальных норм, сроков и способов их внесения, могут быть и после внесения удобрений в почву в результате вымывания в нижние горизонты и сноса стоковыми водами.

Для снижения потерь необходимо применять удобрения в соответствии с рекомендациями агрохимслужбы и научных учреждений — не допускать внесения их в осенне-зимний и ранневесенний периоды на избыточно увлажненных почвах и полях с невыровненным рельефом, весеннюю подкормку озимых культур и многолетних трав проводить после схода снега и прекращения поверхностного и внутрпочвенного стока талых вод..

При использовании самолетов важно обеспечить четкую сигнализацию и обозначение границ удобряемой площади и не вносить удобрения в ветреную погоду.

Техника безопасности и охрана труда при работе с минеральными удобрениями

К работе с удобрениями и известковыми материалами допускаются лица не моложе 18 лет. Все работники (кладовщики, механизаторы, грузчики и др.) перед началом работы с удобрениями должны пройти инструктаж по технике безопасности и охране труда. Правила техники безопасности и санитарные правила при обращении с удобрениями вывешиваются в помещении склада. При работе с удобрениями на складе и вне склада все работающие должны надеть рекомендуемую для данного вида работы спецодежду и предохранительные приспособления: комбинезон, рукавицы, очки, респираторы или (при работе с жидким аммиаком) противогазы. При хранении аммиачной селитры необходимо соблюдать противопожарные правила. Нельзя хранить ее навалом вне склада и совместно с горючими веществами (торфом, соломой, нефтепродуктами и др.). В складе, где хранят аммиачную селитру, нельзя курить, пользоваться открытым огнем и обогревательными приборами. Возникший пожар следует тушить только водой. При тушении пожара необходимо пользоваться противогазом, чтобы избежать отравления выделяющимися окислами азота. Особую осторожность следует соблюдать при работе с жидким аммиаком. Емкости для его хранения и транспортировки должны иметь герметически закрывающиеся люки. При попадании жидких азотных удобрений на кожу их необходимо быстро смыть водой. При тяжелом отравлении аммиаком пострадавшего выносят на свежий воздух и вызывают врача. В случае прекращения дыхания необходимо сделать ему искусственное дыхание.

При внесении удобрений нельзя находиться вблизи разбрасывающих рабочих органов машины, а при работе дисковых разбрасывателей — ближе 50—80 м от них. Загрузку машин удобрениями можно проводить только при полной их остановке. Все приводы машины должны быть закрыты щитами. Смазку и регулировку рабочих органов следует проводить только при полной остановке машины и выключенном двигателе трактора. Нельзя находиться между трактором и машиной при транспортировке и внесении удобрений. Скорость движения машин при внесении удобрений не должна быть выше установленной техническими условиями. В транспорте с минеральными удобрениями запрещается перевозка людей, пищевых продуктов, питьевой воды и предметов домашнего обихода.

При непрерывной работе с удобрениями рекомендуется делать 5-минутные перерывы через каждые полчаса работы в респираторе.

По окончании работы следует принять душ или тщательно вымыться с мылом. На месте работы постоянно должны быть запас чистой воды и аптечка.

При попадании удобрений в глаза следует промыть их большим количеством чистой воды и затем обратиться в медпункт, а при ожоге промыть обожженные места сильной струей воды, обработать 5%-ным раствором спирта и

наложить марлевую повязку.

Строгое соблюдение правил техники безопасности и необходимых санитарных правил является непременным условием правильной организации труда при работе с минеральными удобрениями.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте классификацию минеральным удобрениям
2. Назовите азотные удобрения, их ассортимент, способы получения.
3. Как устанавливаются дозы, сроки, способы внесения азотных удобрений под различные сельскохозяйственные культуры?
4. Как влияют азотные удобрения на урожай и качество продукции?
5. Перечислите фосфорные удобрения, их ассортимент, способы получения. Свойства основных фосфорных удобрений, взаимодействие их с почвой и применение.
6. Назовите приемы повышения эффективности фосфорных удобрений
7. Перечислите калийные удобрения, их ассортимент, способы получения.
8. Назовите условия эффективного применения калийных удобрений
9. Изложите роль микроудобрений в повышении урожайности и качества продукции при внедрении современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.
10. Назовите способы и дозы применения микроудобрений
11. Перечислите комплексные удобрения, сложные и смешанные минеральные удобрения.
12. Какова агрономическая и экономическая эффективность использования сложных и смешанных минеральных удобрений?
13. Как осуществляется транспортировка, хранение и технология внесения минеральных удобрений.
14. Перечислите требования безопасности жизнедеятельности при работе с минеральными удобрениями.

6. Система удобрения

6.1. Понятие о системе удобрения и уровнях интенсивности технологий.

Почвенно-климатические условия применения удобрений.

Сочетание органических и минеральных удобрений

Под системой удобрений в хозяйстве понимается комплекс агротехнических и организационно-хозяйственных мероприятий по наиболее рациональному, плановому применению удобрений в целях повышения урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почвы.

Система удобрения в хозяйстве является, по существу, составной частью системы земледелия. Основными звеньями при разработке системы удобрения в хозяйстве являются:

- анализ результатов и перспектив хозяйственной деятельности сельско-

хозяйственного предприятия (производственная специализация, плановые задания государства по выходу товарной продукции, план урожайности по культурам, структура сельскохозяйственных угодий и посевных площадей, севообороты и т. д.);

- оценка климатических и почвенных условий, уровня потенциального и актуального плодородия почв хозяйства по данным почвенно-агрохимического обследования. Агроэкономический анализ итогов предшествующего использования удобрений в хозяйстве при сложившейся системе земледелия и уровне агротехники, оценка состояния и перспектив развития материально-технической базы химизации, организационная форма агрохимического обслуживания, осуществление химической мелиорации почв (известкование или гипсование);

- планирование мероприятий по максимальному накоплению навоза, заготовке торфа, различных компостов и других органических удобрений, правильному их хранению и использованию;

- определение потребности в минеральных удобрениях (включая микроудобрения) исходя из реального и перспективного уровня их поставки для экономического района расположения хозяйства, планируемого производства сельскохозяйственной продукции, экономических возможностей хозяйства;

- обеспечение своевременной доставки удобрений, правильного их хранения, комплексной механизации всех работ по подготовке и внесению удобрений;

- тесная увязка всех мероприятий по применению удобрений с общим организационно-хозяйственным планом предприятия.

Система удобрения в хозяйстве представляет собой генеральную схему организационно-хозяйственных мероприятий, которая конкретизируется в системе удобрения в севооборотах и в планах применения удобрений.

Система удобрения в севообороте — это многолетний план применения удобрений в севообороте с учетом плодородия почвы, биологических особенностей растений, состава и свойств удобрений, составляемый на полную ротацию каждого севооборота хозяйства. При его разработке необходимо определить правильное соотношение между отдельными видами и формами удобрения, установить оптимальные нормы и способы применения органических и минеральных удобрений в зависимости от особенностей питания растений и их чередования в севообороте, почвенно-климатических и других условий.

Системой удобрения должна решаться задача получения максимально возможной продуктивности севооборота, высоких и устойчивых урожаев всех культур, рационального использования плодородия почвы и его повышения при наиболее агрономически и экономически выгодном применении удобрений.

При разработке системы удобрения в севообороте необходимо учесть все многообразие природных, агротехнических, организационно-экономических и других условий, от которых зависит эффективность удобрений.

Почвенно-климатические условия и применение удобрений. Существующие географические изменения в почвенном покрове и климатических условиях нашей страны предопределяют различия в эффективности применения удобрений по почвенно-климатическим зонам. Действие полного мине-

рального удобрения и навоза на урожай сельскохозяйственных культур уменьшается с северо-запада на юго-восток в европейской части страны и с востока на запад - в азиатской ее части. Это в первую очередь связано с изменениями в уровне потенциального плодородия почв и влагообеспеченности.

Наиболее высокое и стабильное действие удобрений на урожай наблюдается при достаточном естественном увлажнении и при орошении. В этих условиях применяются более высокие нормы удобрений. При недостатке влаги эффективность минеральных и органических удобрений снижается.

Азотные удобрения играют ведущую роль в повышении урожая на дерново-подзолистых, серых лесных почвах, оподзоленных и выщелоченных черноземах в лугово-лесной и лесостепной зонах, а также не менее гумусированных почвах южных зон страны, особенно при орошении.

Фосфорные удобрения наиболее эффективны на черноземных и темно-каштановых почвах, обладают высоким действием на урожай при внесении азотных удобрений и на других почвах.

Калийные удобрения имеют решающее значение на торфяных и бедных калием минеральных почвах легкого гранулометрического состава. На более богатых калием каштановых почвах и сероземах калийные удобрения эффективны только на фоне азотных и фосфорных удобрений.

При внесении удобрений растения более экономно и продуктивно используют влагу, сглаживается отрицательное действие засухи. Орошение обеспечивает лучшие условия для усвоения растениями питательных веществ удобрений и почвы.

В районах с большим количеством осадков в осенне-зимний период легкорастворимые азотные (а на легких почвах и калийные) удобрения во избежание вымывания питательных веществ лучше вносить перед посевом весной, а иногда и в подкормки.

При выборе видов и форм удобрений, установлении норм и способов их внесения обязательно учитывают содержание подвижных питательных веществ в почвах, их механический состав, поглотительную способность, реакцию и буферность, смывость и эродированность.

На кислых дерново-подзолистых почвах, бедных органическим веществом и элементами питания, необходимы известкование и высокие нормы органических и минеральных удобрений, особенно азотных. Засоленные почвы с высокой долей натрия среди поглощенных катионов необходимо гипсовать.

Лучший эффект на кислых дерново-подзолистых почвах могут давать физиологически щелочные азотные удобрения и щелочные формы фосфорных туков, здесь могут с успехом применяться труднорастворимые формы фосфорных удобрений. На почвах с нейтральной и щелочной реакцией эффективны физиологически кислые азотные удобрения, а применение труднорастворимых фосфорных удобрений нецелесообразно.

Существенное значение для передвижения питательных веществ удобрений, их поглощения и закрепления в почве имеет гранулометрический состав почвы. Легкие почвы отличаются не только меньшим потенциальным плодородием, но и низкой поглотительной и буферной способностью. Это должно учи-

тываться при определении норм и формы удобрений, срока внесения и способа их заделки.

На песчаных и супесчаных подзолистых почвах из калийных удобрений особенно эффективны калийно-магнезиальные соли, из азотных целесообразно применять аммонийные (в нейтрализованной форме) удобрения, азот которых меньше подвергается вымыванию из почвы.

Для правильного дифференцированного применения удобрений важное значение имеет почвенно-агрохимическое обследование с целью определения реакции почвы и содержания в ней подвижных форм питательных веществ, в том числе микроэлементов.

Результаты агрохимического обследования выявили существенные различия в уровне обеспеченности почв нашей страны подвижными формами элементов питания. Значительно различаются по уровню плодородия и содержанию подвижных питательных веществ и почвы отдельных полей хозяйств.

Как уже указывалось, при разработке системы удобрения используются средневзвешенные показатели обеспеченности почв полей севооборота, а различия в содержании подвижных форм элементов питания по каждому обрабатываемому участку учитываются при составлении годовых планов применения удобрений. Важно также учитывать общую окультуренность почвы и степень предшествующей удобренности поля. На достаточно окультуренных и ранее хорошо удобрявшихся почвах нормы органических и минеральных удобрений могут быть снижены.

6.2. Построение системы удобрения в севооборотах.

Рекомендуемые варианты размещения удобрений в конкретных типичных севооборотах зоны. Способы внесения удобрений

При построении системы применения удобрений должны учитываться особенности питания и агротехника культур севооборота.

Сельскохозяйственные растения различаются общей величиной потребления элементов питания на формирование урожая, темпами их поглощения на протяжении неодинакового по длительности периода вегетации, а также по соотношению в размерах усвоения основных элементов — азота, фосфора и калия.

Для культур, более требовательных к элементам питания (сахарная свекла, кукуруза, картофель и др.), при прочих равных условиях необходимы более высокие нормы удобрений. Разные сорта одной и той же культуры могут сильно различаться по требовательности к пищевому режиму и отзывчивости на внесение удобрений. Скороспелые сорта характеризуются более коротким периодом поглощения питательных веществ и более требовательны к условиям питания, чем позднеспелые сорта.

Применение удобрений должно обеспечивать наилучшие условия питания растений в течение всего периода вегетации в соответствии с их потребностью.

При разработке системы применения удобрений, определении норм, сроков и способов применения удобрений должны быть учтены различия в чувствительности отдельных культур (особенно в молодом возрасте) к concentra-

ции питательных веществ в почвенном растворе, в усвояющей способности корневой системы и характере ее развития (мощности, глубине проникновения и т. д.), в требовательности к реакции среды.

Особое значение имеет правильное соотношение между применяемыми нормами азотных, фосфорных и калийных удобрений.

Для севооборотов с большим удельным весом технических, овощных и кормовых культур необходимо предусматривать более высокую обеспеченность органическими и минеральными удобрениями.

Система применения удобрений должна обеспечивать повышение урожаев не только ведущих, но и всех других культур севооборота (путем непосредственного внесения под них удобрений или использования ими последействия удобрений, внесенных под ведущие культуры). Продолжительность и последствие зависят от вида и состава удобрений. Навоз и фосфорные удобрения (особенно фосфоритная мука) оказывают положительное действие на урожай сельскохозяйственных культур в течение ряда лет, последствие азотных и калийных удобрений незначительно.

При построении системы удобрения необходимо учитывать также порядок чередования культур, характер предшественника и его урожай. Правильное чередование культур обеспечивает более продуктивное использование питательных веществ почвы и повышение эффективности минеральных и органических удобрений.

Удобрение отдельных культур севооборота зависит от предшественника и его урожая, а также количества корневых и пожнивных остатков и содержания в них элементов питания.

В зависимости от состава возделываемых культур и чередования их в севообороте неодинаково решаются вопросы известкования (норма и место внесения извести) и применения удобрений. Так, при высокой насыщенности севооборота картофелем, корнеплодами, силосными и другими калиелюбивыми культурами возрастает потребность в калийных удобрениях и повышается их эффективность. Эффективность фосфоритной муки значительно увеличивается на легких дерново-подзолистых почвах в севооборотах с люпином, обладающим лучшей способностью усваивать фосфор из трудно растворимых соединений. После пропашных культур (которые при хорошем уходе оставляют поля чистыми от сорняков и в то же время потребляют очень большое количество питательных веществ из почвы и поздно убираются) эффективность удобрений и потребность в них последующих культур повышаются. Это особенно ощутимо, если урожаи предшественников были высокими, а удобрения под них вносили в умеренных количествах. Под культуры, идущие после хорошо удобренных предшественников, нормы удобрений можно уменьшить. После многолетних бобовых трав и зернобобовых, обогащающих почву азотом, но потребляющих много фосфора и калия, необходимость в азотных удобрениях уменьшается, а действие фосфорных и калийных удобрений усиливается.

Система удобрения разрабатывается и осуществляется в тесной взаимосвязи со всем комплексом агротехнических приемов по возделыванию сельскохозяйственных культур, входящих в состав севооборота. Особенности агротех-

ники и способ посева отдельных культур также оказывают влияние на сроки и способы внесения удобрений. В условиях индустриальной технологии возделывания культур возрастает роль основного (допосевного) удобрения.

Высокая агротехника (начиная с обработки почвы, подготовки кондиционного посевного материала, посева и ухода за культурой и т. д.) — необходимое условие эффективного использования растениями элементов питания из почвы и применяемых удобрений. Нарушение установленных агротехнических требований (некачественная или несвоевременная обработка почвы, низкое качество посевного материала, засоренность посевов и т. д.) резко снижает эффективность удобрений. При высокой культуре земледелия эффективность удобрений возрастает.

Таким образом, распределение удобрений по полям севооборота во многом зависит от народнохозяйственного и агротехнического значения каждой культуры, места ее в севообороте, характера предшественников, применяемой агротехники и степени удобренности отдельных полей.

Сочетание применения навоза и минеральных удобрений. При размещении удобрений в полях севооборота важно правильно сочетать применение органических и минеральных удобрений. При внесении органических удобрений вместе с минеральными ослабляется отрицательное влияние физиологической кислотности и повышенной концентрации питательных веществ, особенно заметное при внесении высоких норм минеральных удобрений. опыты показывают, что при совместном внесении половинных норм навоза и минеральных удобрений, как правило, получают более высокие прибавки урожая, чем при раздельном внесении полной нормы каждого из этих удобрений. Особенно эффективно совместное внесение навоза и минеральных удобрений на песчаных и супесчаных почвах, слабокультуренных суглинистых дерново-подзолистых серых лесных почвах и выщелоченных черноземах.

Органических удобрений в хозяйстве обычно бывает недостаточно для всех полей севооборотов. Наиболее целесообразно их вносить совместно с минеральными удобрениями под овощные культуры, картофель, кормовые корнеплоды, силосные культуры, а из зерновых — в первую очередь под озимые культуры. Пропашные культуры дают более высокие прибавки урожая на каждую тонну внесенного навоза. Навоз, внесенный под пропашные и озимые, будет оказывать последствие на все остальные культуры севооборота, под которые непосредственно вносят только минеральные удобрения. При наличии в хозяйстве специализированных прифермских и овощных севооборотов их обеспечивают органическими удобрениями в первую очередь и в больших количествах.

Средние нормы навоза в Центральном регионе РФ обычно 30 - 40 т на 1 га (в кормовых и овощных севооборотах до 60 - 80 т на 1 га), а в южных районах 20 - 30 т на 1 га.

К навозу на всех почвах, в том числе на черноземах, в первую очередь необходимо добавлять азотные удобрения. На дерново-подзолистых суглинистых почвах наряду с азотными на фоне навоза эффективны фосфорные, а на супесчаных - калийные удобрения.

Комбинированная система удобрения, при которой сочетается применение органических и минеральных удобрений, является наиболее распространенной. В связи с созданием крупных животноводческих комплексов большое внимание уделяется разработке системы удобрения в кормовых севооборотах с максимальным насыщением бесподстилочным навозом, которая, однако, обязательно должна включать корректировку соотношения питательных веществ с помощью минеральных удобрений.

Значительная удаленность полей отдельных севооборотов от ферм или ограниченное количество органических удобрений в хозяйстве обуславливает существование безнавозной системы удобрения, основанной на применении только минеральных туков. В этом случае для пополнения запаса органического вещества в почве целесообразны посев промежуточных культур на зеленое удобрение и заплата соломы.

Планирование применения и установление норм минеральных удобрений. Рациональное применение органических и минеральных удобрений в производственных условиях может успешно осуществляться лишь с учетом многих факторов, влияющих на эффективность удобрений. В связи с этим разработка оптимальной системы удобрения в хозяйствах представляет значительные трудности.

Один из наиболее важных и сложных вопросов при разработке системы удобрений в хозяйстве и севообороте - установление нормы удобрений.

Урожай сельскохозяйственных культур возрастает в прямой зависимости от увеличения нормы минеральных удобрений лишь до определенного уровня, при котором достигается наибольшая оплата единицы питательного вещества удобрения получаемой продукцией. После достижения максимальной урожайности с единицы площади дальнейшее увеличение норм удобрений вообще нецелесообразно. Повышение нормы удобрений экономически оправданно, пока стоимость прибавки урожая окупает издержки, связанные с применением дополнительного количества удобрений.

Количественная зависимость между урожаем и нормами минеральных удобрений, полученная в опытах, может быть представлена математическими уравнениями (производственными функциями). По этим функциям урожая можно определить окупаемость единицы удобрения прибавкой урожая, потребное количество удобрений для получения единицы урожая для любой точки кривой, оптимальную и максимальную норму удобрений и т. д.

Зональные рекомендации по применению удобрений под сельскохозяйственные культуры разрабатывают на основании обобщения данных полевых опытов об эффективности видов, форм, норм и способов внесения удобрений в типичных для зоны почвенно-климатических условиях и севооборотах. Рекомендуемые средние нормы удобрений устанавливаются в этом случае на основе агроэкономической оценки результатов полевых опытов.

Средние рекомендуемые зональные нормы удобрений должны корректироваться применительно к конкретным условиям хозяйства в зависимости от агрохимических свойств почв.

Нормы удобрений на планируемую урожайность возделываемых сель-

скохозяйственных культур и потребность в удобрениях определяют по нормативам затрат удобрений на единицу урожая с учетом типа и разновидности почвы, ее агрохимических показателей и степени эродированности, предшественника, его качества и удобренности, сортовых особенностей выращиваемой культуры, внесения органических удобрений и влияния погодных условий.

Балансовые методы определения потребности и норм удобрений. Определение норм удобрений на планируемую урожайность может производиться расчетными методами, в основе которых лежит баланс питательных веществ — сопоставление расхода элементов питания на формирование урожая (т. е. выноса элементов питания с урожаем культур) с поступлением питательных веществ из почвы и удобрений.

Вынос основных элементов питания на единицу урожая отдельных культур может значительно различаться в зависимости от условий выращивания. Поэтому для расчетов лучше пользоваться данными о выносе, полученными в хозяйстве или в типичных почвенных условиях ближайшими опытными учреждениями. Допустимо применение справочных данных о среднем выносе NPK на единицу урожая, однако при этом возрастает приблизительность расчета.

Коэффициенты использования азота, фосфора и калия из навоза и минеральных удобрений также подвержены существенным колебаниям в зависимости от культуры, почвенно-климатических условий, нормы, времени внесения и способа заделки удобрений и т. д.

Для определения норм удобрений на планируемую прибавку урожайности необходимо располагать надежными данными об уровне урожайности без удобрений (или при уже используемом их количестве в хозяйстве).

Для оценки реального баланса питательных веществ, согласно принятой системе удобрения в севообороте (или хозяйстве), необходимо учитывать степень использования элементов питания сельскохозяйственными культурами из удобрений за ротацию, при оценке баланса в отдельных звеньях севооборота — коэффициенты использования элементов питания в первые три года из внесенных органических и минеральных удобрений. Эти данные устанавливают на основе обобщения результатов многолетних полевых опытов с удобрениями в севооборотах применительно к определенным почвенно-климатическим условиям. Примерные коэффициенты использования питательных веществ из удобрений приведены в таблице 23.

При оценке складывающегося баланса питательных веществ в севообороте или отдельных его звеньях нужно учитывать уровень потенциального почвенного плодородия, состав возделываемых культур, степень усвоения растениями внесенных с удобрениями элементов питания и другие факторы.

Для дерново-подзолистых и других малогумусированных почв, особенно легкого механического состава, необходимо стремиться к превышению прихода азота с удобрениями над выносом не менее чем на 15 - 20%. В то же время на богатых органическим веществом и, следовательно, азотом почвах (например, на осушенных низинных торфяниках и мощных черноземах) допустим небольшой дефицит этого элемента.

Примерные коэффициенты использования питательных элементов
из удобрений в отдельные годы и за ротацию севооборота

Годы действия	Коэффициенты использования, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Минеральные удобрения			
За ротацию	65—75	35—50	65—85
в том числе за:			
1-й год	55—70	10—30	40—60
2-й »	3—5	10—15	10—15
3-й »	—	5—10	5—10
Органические удобрения			
За ротацию	50—60	50—60	70—90
в том числе за:			
1-й год	20—30	35—45	40—60
2-й »	15—20	15—10	15—20
3-й »	5—10	0—5	5—10

Баланс по фосфору должен быть всегда положительным, с превышением поступления над выносом не менее 50%. При малом содержании подвижных форм фосфора в большинстве почв нашей страны и низком усвоении фосфора из удобрений для поддержания и улучшения почвенного плодородия требуется обеспечивать возмещение этого элемента в 2 - 2,5 раза большее, чем вынос с урожаем. Баланс по калию на богатых калием тяжелых почвах и сероземах может иметь дефицит 10—30% (конечно, при этом необходимо учитывать наличие калиелюбивых культур в севообороте, уровень урожая и применения азотно-фосфорных удобрений), а на песчаных и супесчаных почвах дефицит калия недопустим.

Следовательно, при разработке системы удобрения в севообороте должно предусматриваться разумное использование естественного плодородия почвы, а при более высоком уровне химизации земледелия — не только восстановление плодородия почвы, но и его расширенное воспроизводство.

На дерново-подзолистых и светло-серых дерново-подзолистых почвах, например, размеры возврата элементов питания в виде удобрений в полевых севооборотах с одним полем картофеля должны быть не ниже следующих величин (табл. 24).

Таблица 24

Размеры возврата элементов питания в виде удобрений в полевых
севооборотах с одним полем картофеля

Обеспеченность почв элементами питания (классы)	Вносится за севооборот, % к выносу		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Низкая (I—II)	от +10 до +20	от +150 до +120	от +15 до +10
Средняя (III—IV)	от 0 до +10	от +120 до +80	от 0 до —20
Высокая (V—VI)	0	от +20 до +30	от 0 до —40

Балансовый метод применяется также для оценки потребности в удобрениях и характеристики складывающегося круговорота питательных веществ в хозяйстве.

Балансовый метод используется при установлении норм минеральных удобрений для получения планируемого урожая культур с учетом обеспеченности почвы подвижными формами элементов питания, коэффициентов использования питательных веществ из удобрений и почвы, коэффициентов возмещения элементов питания и направленного изменения плодородия почв с применением электронно-вычислительных машин.

Определение оптимальных норм удобрений проводится на основе экспериментальных, нормативных и балансовых методов, а также экономико-математических методов (в том числе с использованием ЭВМ).

При разработке системы удобрений применяются средние зональные нормы, уточняемые по агрохимическим показателям почвы. Для ведущих культур севооборотов в этом случае возможен расчет нормы удобрений на планируемый урожай различными методами.

Следует подчеркнуть, что наиболее достоверные результаты при определении оптимальных норм удобрений могут быть получены только на основе данных полевых опытов с удобрениями, особенно многолетних, в сочетании с разнообразными расчетными методами проверки правильности соотношения между отдельными элементами питания и предварительной агроэкономической оценки.

При планировании уровня урожайности сельскохозяйственных культур, норм удобрений и их распределении в севооборотах должны учитываться весь комплекс природно-экономических факторов, организационно-хозяйственные условия и особенности питания растений. Огромную роль играет внедрение в производство высокоурожайных сортов сельскохозяйственных культур, обладающих повышенной отзывчивостью на удобрение.

Способы внесения удобрений. Различают три способа внесения удобрений: допосевное (или основное), припосевное (в рядки, гнезда, лунки) и послепосевное (или подкормки в период вегетации).

В *основное удобрение* до посева вносят навоз (и другие органические удобрения) и, как правило, большую часть общей нормы применяемых под данную культуру минеральных удобрений. Цель основного удобрения - обеспечить питание растений в течение всего периода вегетации. До посева удобрения вносят разбросным способом с помощью туковых сеялок (минеральные удобрения, известь), навозоразбрасывателей (органические удобрения) и других машин. Перспективным способом применения удобрений до посева, особенно суперфосфата, является ленточное, локальное внесение. При локальном размещении фосфор суперфосфата меньше закрепляется в почве и повышается усвоение его растениями.

Основное фосфорно-калийное удобрение вносят преимущественно осенью и заделывают под глубокую зяблевую вспашку. При этом удобрения попадают в более влажный и менее пересыхающий слой почвы, где развивается основная масса деятельных корней. При глубокой заделке элементы питания из

удобрений лучше используются растениями и дают больший эффект. Особое значение имеет глубокая заделка допосевного фосфорного удобрения, поскольку фосфор в почве вследствие химического связывания практически не передвигается.

Азотные удобрения до посева при орошении и в районах с большим количеством осадков, особенно на легких песчаных и супесчаных почвах, необходимо вносить весной с заделкой под предпосевную обработку почвы. При этом ограничивается возможность потерь нитратного азота удобрений (а также нитратов, образующихся при нитрификации аммонийных, аммиачных форм азотных удобрений и мочевины) вследствие вымывания и миграции из корнеобитаемого слоя почвы. На тяжелых почвах в районах с ограниченным количеством осадков в осенне-зимний период аммонийные твердые, жидкие аммиачные удобрения и мочевину можно вносить с осени.

На легких почвах, обладающих малой емкостью поглощения, калийные удобрения целесообразно (во избежание потерь калия от вымывания) вносить вместе с азотными удобрениями весной под культивацию, а под пропашные культуры часть этих удобрений переносить в подкормку.

Для лучшего обеспечения питания растений в начальный период роста наряду с основным удобрением необходимо вносить небольшие дозы удобрений одновременно с посевом в рядки или гнезда.

Припосевное удобрение вносят специальными комбинированными сеялками. Для всех сельскохозяйственных культур особенно большое значение имеет внесение в рядки гранулированного суперфосфата, так как в начальный период роста растения особенно чувствительны к недостатку фосфора. Под зерновые культуры гранулированный суперфосфат или аммофос могут быть внесены обычными зерновыми сеялками в смеси с семенами.

Под сахарную свеклу, картофель, кукурузу и некоторые другие культуры вместе с суперфосфатом при посеве вносят также небольшие дозы азотных и калийных удобрений либо применяют комплексные удобрения. Под культуры, чувствительные к высокой концентрации питательных веществ вблизи корней, например кукурузу, лучше вносить их на некотором расстоянии (2—3 см) сбоку или ниже семян, для того чтобы семена отделялись от удобрений прослойкой почвы.

Припосевное местное внесение небольших доз минеральных удобрений — наиболее эффективный способ их применения, обеспечивающий более высокие прибавки урожая на каждый центнер удобрения.

Подкормки в период вегетации применяют в дополнение к основному и припосевному удобрению с целью усиления питания растений в периоды наиболее интенсивного потребления ими питательных веществ.

Высокоэффективна ранневесенняя подкормка азотными удобрениями озимых культур, которая является обязательным приемом их возделывания. Подкормки широко применяют на многолетних сеяных сенокосах и пастбищах, естественных кормовых угодьях.

Перенесение части азотных и калийных удобрений в подкормку пропашных культур целесообразно на легких почвах в увлажненных районах с высоким уровнем грунтовых вод. В подкормку целесообразно выделять часть удоб-

рений при высоких их нормах под пропашные культуры. Перенесение части удобрений из основного внесения до посева в подкормку при средних нормах под картофель, сахарную свеклу и другие пропашные культуры не дает дополнительного эффекта по сравнению с внесением всего количества удобрений до посева. Действие удобрений, внесенных в подкормку при неглубокой заделке в междурядья пропашных культур, в сильной степени зависят от условий увлажнения в течение вегетации.

В увлажненных районах или при орошении эффективность подкормки значительно выше, чем в районах с недостатком влаги. Наиболее целесообразны для подкормки легкорастворимые азотные удобрения, а также богатые азотом местные органические удобрения — навозная жижа, птичий помет. Роль подкормок возрастает, если по каким-либо причинам удобрения до посева не применялись либо вносились в недостаточном количестве.

В засушливых районах без орошения и в годы с недостаточным количеством осадков подкормки могут не оказать положительного действия на урожай либо даже снизить его.

Для большинства культур чаще всего применяют основное удобрение в сочетании с припосевным. В хозяйстве целесообразно предусмотреть внесение удобрения в рядки или гнезда при посеве.

6.3. Система удобрения для озимых и яровых зерновых культур.

Удобрения для озимой ржи и пшеницы.

Удобрения для яровых зерновых культур

Озимая пшеница более требовательна, чем озимая рожь, к нейтральной реакции среды и почвенному плодородию. Вынос элементов питания у озимой пшеницы и озимой ржи на единицу товарной продукции относительно стабилен и довольно близок (в кг на 10ц зерна и соответствующее количество соломы — 30 - 35 N, 10 - 12 P₂O₅ и 25 - 30 K₂O). Новые высокопродуктивные сорта озимой пшеницы отличаются повышенной потребностью в элементах питания, особенно азоте.

Пшеница по сравнению с озимой рожью обладает меньшей способностью усваивать питательные вещества из труднорастворимых соединений.

Органические удобрения (навоз, компосты), как правило, не вносятся, а используются либо под парозанимающую культуру, либо под предшествующие по севообороту другие культуры. Однако в ряде систем удобрений под озимые культуры возможно применение зеленых удобрений (сидеральный пар) и соломы (в последствии).

Известкование почвы по полной гидролитической кислотности следует выполнить под озимую пшеницу, озимый ячмень и озимую тритикале. Под озимую рожь этот прием необязателен, хотя на очень кислых почвах известкование тоже целесообразно.

Нормы внесения минеральных удобрений в д.в. рассчитывают по формуле:

$$Д = Уп \cdot Нр \times Кп, \text{ где}$$

U_n – планируемая урожайность;
 H_p – нормативный расход минеральных удобрений на 1 тонну зерна;
 K_n – поправочный коэффициент на обеспеченность почвы, тем или иным элементом питания. Поправочные коэффициенты при средней обеспеченности фосфором и калием принимаются за 1,3; при повышенном – фосфора 1,0 и калия – 0,7 и при высоком – 0,5. Поправочный коэффициент по азоту принимают за 1,0.

Таблица 25

Потребление озимыми зерновыми элементов питания,
 % от максимального содержания в урожае

Фазы развития культуры	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница			
Осенний период и ранняя весна	47	30	48
Начало колошения	69	65	68
Цветение	90	93	95
Начало созревания	98	97	100
Полная спелость	100	100	82
Озимая рожь			
Выход в трубку	76	58	82
Цветение	93	78	99
Восковая спелость	100	100	100

Минеральные удобрения под озимые культуры применяются в расчетных нормах и дробно (табл. 26).

Таблица 26

Затраты минеральных удобрений на 1 тонну зерна, кг д. в. (по результатам Геосети опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами)

Регионы	Затраты минеральных удобрений		
	N	P ₂ O	K ₂ O
Северо-Западный	28	26	22
Центральный	34	30	28
Волго-Вятский	34	33	24
Центрально-Черноземный	22	20	14
Нижневолжский	20	24	19
Северо-Кавказский	22	22	13
Уральский	26	29	22
Западно-Сибирский	15	19	11

Затем полученные при расчете нормы корректируют по последствию в севообороте органических удобрений. Этот метод расчета наиболее прост и точен, так как позволяет избежать использования сильно варьирующих коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений, которые применяются при определении норм методом элементарного баланса и на прибавку урожая.

Наиболее целесообразно и эффективно распределение норм внесения по срокам под озимые культуры следующим образом: 1/3 нормы азотных удобрений следует внести перед посевом (такие дозы азота не снизят зимостойкость) и 2/3 в

подкормки во время вегетации; фосфорно-калийные удобрения в полных нормах применяются под предпосевную обработку (они повышают зимостойкость). Наиболее эффективный способ внесения минеральных туков – локальный.

Подкормки азотом проводятся в 3 срока: первый – рано весной (30%); второй – в начале выхода в трубку (50%) и третий (только для озимой пшеницы с целью повышения белковости зерна) – в фазу колошения (20% от остатка полной нормы после предпосевного внесения).

Последнюю позднюю подкормку азотом (авиаподкормка) следует проводить путем опрыскивания составом мочевины 45 кг/га с аммиачной селитрой 20 кг/га, смачивателем и микроудобрениями. Микроудобрения для некорневой подкормки применяются в нормах CuSO_4 – 330 г/га, MnSO_4 – 220, ZnSO_4 – 200 и борная кислота – 110 г/га. Все нормы азотных удобрений и микроудобрений приводятся по физической массе.

Азотные минеральные удобрения следует использовать с учетом почвенной, визуальной, листовой и тканевой диагностик. В условиях биологизации земледелия роль этих видов диагностики еще более возрастает ввиду ограниченного применения средств химизации.

В осенний период для хорошего роста и перезимовки озимых должно быть обеспечено повышенное фосфорно-калийное и умеренное азотное питание. Усиленное питание озимых с осени фосфором и калием способствует лучшему кущению и развитию растений, накоплению большого количества углеводов (сахаров) и возрастанию зимостойкости. При повышенном снабжении азотом осенью ухудшаются условия перезимовки, что имеет особое значение в регионах с более суровыми зимами.

Озимые зерновые культуры хорошо отзываются на внесение органических удобрений и оплачивают их большей прибавкой урожая, чем яровые зерновые. Органические удобрения в норме 20—30 т на 1 га применяют под озимые, идущие по чистым парам и после рано убираемых предшественников. При посеве по занятым парам органические удобрения лучше вносить под парозанимающую культуру, в этом случае они обеспечивают большую суммарную прибавку урожая. При орошении под озимую культуру органические удобрения вносят, как правило, под предшествующую культуру в норме 20—40 т на 1 га.

Фосфорные и калийные удобрения под озимые следует заделывать под основную обработку почвы. На почвах с низким содержанием подвижных форм фосфора следует вносить небольшую дозу фосфора — 10—15 кг P_2O_5 на 1 га в рядки при посеве в форме суперфосфата или аммофоса (последнее весьма благоприятно для озимых, идущих по непаровым предшественникам на бедных азотом почвах).

Азотные удобрения под озимые чаще всего вносят дробно — 1/3 общей нормы под предпосевную обработку и остальное количество — в подкормки. Однако в районах с короткими мягкими зимами при ограниченных потерях азота удобрений в осенне-зимний период целесообразно внесение полной нормы азота в почву до посева. Эффективность подкормки азотом сильно зависит от срока ее проведения в увлажненных районах Нечерноземья, особенно на легких дерново-подзолистых почвах. Здесь необходимо проведение подкормки азотом

в ранневесенний период.

Весной озимые рано трогаются в рост и требуют усиленного снабжения азотом. В почве же в это время минеральных соединений азота очень мало — процессы мобилизации азота почв в осенне-зимний период протекают слабо из-за низких температур, а имевшиеся нитраты теряются из корнеобитаемого слоя вследствие вымывания и денитрификации.

В других регионах на неорошаемых землях подкормка озимых может проводиться поздней осенью (перед уходом растений под снег) или рано весной. Из-за возможности смыва и потерь азота в результате вымывания нитратов в грунтовые воды подзимняя подкормка применима только на полях с выровненным рельефом и при низком залегании грунтовых вод. Подкормку озимых можно проводить также органическими удобрениями, содержащими азот в легкодоступной форме (навозная жижа, птичий помет).

Поздняя подкормка в дозе 30—40 кг N на 1 га проводится с целью повышения качества зерна и не влияет на урожайность. На связанных почвах с низким уровнем грунтовых вод в условиях мягкой зимы допустимо и при орошении внесение всей нормы азота до посева. В основных районах орошаемого земледелия на черноземах и каштановых почвах под озимую пшеницу наиболее эффективно применение азотных и фосфорных удобрений, эффективность калийных удобрений ограниченная.

Нормы удобрений уточняются с учетом уровня планируемой урожайности и содержания подвижных форм питательных веществ в почве.

Самая высокая и устойчивая эффективность удобрений под озимые в зонах достаточного увлажнения и районах орошаемого земледелия. Окупаемость зерном 1 кг NPK достигает 7 - 10 кг.

Удобрение яровой пшеницы, ячменя и овса

Вынос питательных веществ (соответственно N, P₂O₅ и K₂O) составляет в среднем при урожайности яровой пшеницы 30 - 35 ц с 1 га 140, 50 и 75 кг; урожайности ячменя 35 - 40 ц с 1 га - 110, 40 и 80 кг; урожайности овса 25 ц с 1 га - 80, 35 и 80 кг.

Поглощение питательных веществ у яровых зерновых заканчивается в основном ко времени колошения - цветения. Они имеют более короткий, чем озимые культуры, вегетационный период и, следовательно, отличаются высокой интенсивностью потребления элементов минерального питания (табл. 27).

В повышении урожая яровых зерновых культур на почвах лесной и лесостепной зон азоту принадлежит ведущая роль.

Таблица 27

Потребление яровыми зерновыми культурами основных элементов питания, % максимального

Фаза роста	Пшеница			Ячмень			Овес		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Колошение	71	68	88	71	56	73	51	36	54
Цветение	97	100	100	96	74	100	82	71	100
Полная спелость	90	93	67	100	100	64	100	100	88

Азотные удобрения вносят обычно под предпосевную обработку почвы. Питание яровых зерновых культур фосфором и калием лучше всего обеспечивается при глубокой заделке удобрений под зяблевую вспашку в сочетании с применением небольших доз суперфосфата или аммофоса (8—10 кг P_2O_5 на 1 га) в рядки при посеве.

Важно отметить, что существенные различия в биологии обуславливают и особенности систем использования удобрений под отдельные ранние яровые зерновые культуры. Яровая пшеница формирует относительно слаборазвитую корневую систему и требует обилия в почвенной среде питательных веществ в легкоусвояемой форме. Овес, напротив, отличается более развитой корневой системой и лучшей способностью усваивать элементы питания из труднодоступных соединений. Устойчивость к полеганию ранние яровые зерновые культуры также разная.

Органические удобрения под ранние яровые зерновые культуры не используются, хотя возможно использование под них зеленого удобрения и соломы при размещении этих культур после рано убираемых предшественников, например, после зернобобовых растений (гороха, скороспелых сортов узколистного люпина и кормовых бобов). Сочетание использования зеленого удобрения с соломой вполне приемлемо, но это в регионах с достаточно продолжительным теплым периодом после уборки предшественников.

Известкование кислых почв под яровую пшеницу и ячмень, или под предшествующие культуры обязательно. Нормы известковых материалов рассчитываются по полной гидролитической кислотности.

Минеральные удобрения вносятся в расчетных нормах с использованием нормативов затрат на 1 тонну зерна.

Распределение расчетных норм по срокам внесения под ранние яровые зерновые культуры проводится следующим образом: яровая пшеница – почти все удобрения вносятся под предпосевную обработку, P_{15-20} целесообразно применять в рядки при посеве, N_{20-30} в позднюю подкормку (фаза колошения) для повышения хлебопекарных качеств зерна; ячмень и овес – полная расчетная норма удобрений применяется под предпосевную обработку почвы, распределение ее по срокам нецелесообразно, только P_{15-20} можно использовать при посеве, если минеральные туки под предпосевную культивацию не вносили.

Микроудобрения под ранние яровые зерновые культуры могут использоваться для предпосевной подготовки семян в нормах на 1 т зерна: $CuSO_4$ – 800-900. $MnSO_4$ – 700-800. $ZnSO_4$ – 800-900. молибденово-кислый аммоний – 400-500 и борная кислота – 700-800 г.

Высокое действие удобрений на яровые зерновые культуры наблюдается в Нечерноземной зоне, в северной части Черноземной зоны и в условиях орошаемого земледелия. На юге и юго-востоке страны эффективность удобрений из-за недостатка влаги снижается, здесь особое значение имеет, внесение фосфора в первую очередь при посеве.

При перенесении части азота в подкормки яровых зерновых культур эффективность поверхностно внесенных удобрений в сильной степени зависит от условий увлажнения. Ранняя подкормка азотными удобрениями целесообразна

при орошении (с первым поливом), когда применяются более высокие нормы удобрений. Для повышения белковости зерна пшеницы и улучшения его технологических и хлебопекарных качеств можно применять позднюю подкормку — после цветения — азотными удобрениями, прежде всего мочевиной.

Удобрение крупяных культур

Органические удобрения непосредственно под крупяные культуры не вносятся (исключение может составить рис в отдельных полях севооборота), а их следует применять под предшественники, в особенности, если это пропашные культуры. Нормы внесения органических удобрений (навоз, компосты) — 30-50 т/га.

Известкование, прежде всего, проводится под просо, как культуру наиболее требовательную к реакции почвенного раствора. Известкование следует выполнять в нормах по полной гидролитической кислотности. Под гречиху наиболее эффективно фосфоритование, так как корневая система гречихи вследствие обильных выделений кислотной природы наиболее приспособлена к усвоению фосфора из труднодоступных соединений.

Под крупяные культуры минеральные удобрения применяются в расчетных нормах, которые определяются по нормативам затрат их в действующем веществе на одну тонну зерна (табл. 28).

Таблица 28

Затраты минеральных удобрений на 1 тонну зерна крупяных культур, кг д.в.

Регион	Гречиха			Просо			Рис		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Центральный	37	46	23	-	-	-	-	-	-
Волго-Вятский	43	40	31	-	-	-	-	-	-
Центрально-Черноземный	30	29	26	28	27	25	-	-	-
Северо-Кавказский	-	-	-	23	28	20	24	18	10
Средне-Волжский	29	43	17	21	18	9	-	-	-
Нижне-Волжский	29	43	17	21	18	9	24	18	13
Уральский	18	28	5	17	19	5	-	-	-
Западно-Сибирский	28	31	31	-	-	-	-	-	-
Дальневосточный	-	-	-	-	-	-	28	26	26

Минеральные удобрения под гречиху и просо вносятся перед посевом, когда выполняется предпосевная подготовка почвы. Эффективным приемом использования фосфорных удобрений является внесение их в рядки при посеве в дозах P₁₅₋₂₀. Подкормки этих культур во время вегетации нецелесообразны.

Под рис минеральные туки используются дробно: I вариант - 60-70% нормы до посева, а 30-40% в подкормки по всходам и в начале кущения; II вариант — 25% нормы локально при посеве и в подкормки соответственно 50% - начало кущения и 25% - начало выхода в трубку.

Как показали многолетние исследования, оптимальное соотношение элементов питания N: P₂O₅: K₂O в составе полного минерального удобрения для риса 1,0: 0,8: 0,5.

Просо - культура, сравнительно требовательная к уровню плодородия почв и отличается от колосовых зерновых повышенной засухоустойчивостью. Основные площади ее посевов расположены в степной зоне и южной (черноземной) части лесостепной зоны. На 10 ц зерна и соответствующее количество остальной растительной массы просо потребляет (в кг): 30—35 N, 10—13 P₂O₅ и 30—35 K₂O. Наибольшую долю питательных веществ просо потребляет за относительно короткий период (40—50 дней) от кущения до налива зерна. На южных черноземах и каштановых почвах степной зоны первоочередное значение имеют фосфорные удобрения. Весьма эффективно внесение в рядки небольших доз суперфосфата (10 кг P₂O₅). Действие удобрений на урожайность проса в засушливых условиях возрастает при орошении, в этом случае эффективно сочетание азота и фосфора. На серых лесных почвах, выщелоченных, оподзоленных и обыкновенных черноземах целесообразно применение полного минерального удобрения. Просо хорошо использует последствие внесенных под предшествующую культуру органических и минеральных удобрений.

Гречиха потребляет на 10 ц зерна 45—55 кг N, 20—35 кг P₂O₅ и 100—120 кг K₂O. Она менее требовательна, чем другие культуры, к плодородию почв прежде всего благодаря лучшей способности усваивать фосфор и калий из труднодоступных соединений. Поэтому гречиха слабее реагирует на внесение удобрений при выращивании на хорошо окультуренных почвах, но весьма отзывчива на бедных почвах. Хорошо удается гречиха в европейской части страны на серых, оподзоленных и выщелоченных черноземах. Здесь, как и на типичных и обыкновенных черноземах, обычно применяют полное минеральное удобрение, но ведущая роль принадлежит сочетанию азота и фосфора. Калийные удобрения эффективны только на их фоне, особенно на более легких почвах. Способы внесения удобрений те же, что и для других яровых культур. Под гречиху в основное удобрение можно применять фосфоритную муку даже на слабокислых почвах.

Удобрение кукурузы и сорго

Кукуруза и сорго требовательны к обеспеченности почв и растений питательными веществами. Реализация потенциальной продуктивности этих культур невозможна без внесения органических (навоз, зеленое удобрение, солома), минеральных, микро- и бактериальных удобрений (ризоторфин), извести и гипса. Нормы вносимых NPK рассчитывают под проектируемую урожайность. Учитывают вынос единицей продукции и общий вынос NPK, их содержание в почве, использование питательных веществ из почвы и вносимых удобрений. Расчет ведут по схеме (табл. 29).

Рассчитанные нормы NPK вносят с учетом влагообеспеченности почв весной и количества осадков, выпадающих за период весенне-летней вегетации. При накоплении избыточных количеств влаги в почве весной удобрения лучше вносить под весеннюю культивацию ($\frac{2}{3}$ нормы) и при муждурядной обработке почвы ($\frac{1}{3}$ нормы). Это исключает возможность вымывания питательных веществ ниже корнеобитаемого слоя.

Таблица 29

Расчет норм NPK под проектируемую урожайность (100 ц/га зерна)

Показатель	Кукуруза			Сорго		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Выносятся на 1 ц зерна с соответствующим ему количеством листостеблей (В ₁), кг	2,86	1,05	2,92	3,48	1,12	2,54
2. Общий вынос (В _{об} = У _{прог} × В ₁), кг/га	286	105	292	348	112	254
3. Содержание в почве: мг/100г (Π)	12,5	14,6	22,5	14,4	14,8	20,8
кг/га (Π × К _м *)	425	496,4	765	489,6	503,2	707,2
4. Коэффициент использования из почвы (К _п)	0,38	0,12	0,35	0,40	0,13	0,30
5. Возможный вынос из почвы (В _п = Π × К _м × К _п), кг/га	161,5	59,6	267,8	195,8	65,4	212,2
6. Требуется внести с туками (В _у = В _{об} - В _п), кг/га	124,5	45,4	24,2	152,2	46,6	41,8
7. Коэффициент использования из удобрений (К _у)	0,85	0,48	0,90	0,95	0,49	0,90
8. Нормы NPK (Д = В _у : К _у), кг/га	146	94	27	160	95	46

*К_м = 34 (для слоя почвы 0-25 см), кг/га

При внесении органических удобрений совместно с минеральными расчет ведут по формуле:

$$Д = (У_{\text{проект}} \times В_1) - (\Pi \times К_м \times К_п) - (Д_н \times С_н \times К_н) / К_у,$$

где У_{проект} – урожайность проектируемая, ц/га;

В₁ – вынос NPK на 1 ц продукции, кг;

Π – содержание NPK в почве, мг/100 г (12 мг азота, 15 мг фосфора и 17 мг калия в 100 г почвы);

К_м – коэффициент перевода из мг/100 г в кг/га (К_м = 34 кг/га для слоя почвы 0-25 см);

К_п – коэффициент использования NPK из почвы (в долях от единицы; 0,35 ед. азота, 0,08 ед. фосфора и 0,10 ед. калия);

Д_н – норма навоза, т/га;

С_н – содержание NPK в 1 т навоза, кг (С_н равен – 5 кг N, 2,5 кг фосфора и 6 кг калия в 1 т);

К_н – коэффициент использования NPK из навоза (в год внесения 0,30 ед. азота, 0,4 ед. фосфора и 0,6 ед. калия);

К_у – коэффициент использования из туков (0,7 ед. азота, 0,35 ед. фосфора и 0,75 ед. калия).

Пример. Проектируется получить 800 ц/га зеленой массы кукурузы. Вносятся 85 т/га навоза. На 1 ц зеленой массы выносятся 0,44 кг азота, 0,16 кг фосфора и 0,35 кг калия, или в сумме 0,95 кг NPK. Подставив эти значения в выше приведенную формулу, определяют:

$D_N = (800 \text{ ц/га} \times 0,44 \text{ кг}) - (12 \text{ мг} \times 34 \times 0,35) - (85 \times 5 \times 0,3) / 0,7 = 117$ кг/га азота потребуется внести с туками; всего 6 кг/га фосфора и 0 кг/га калия.

Систему удобрения кукурузы и сорго разрабатывают с учетом потребления питательных веществ по фазам роста и развития растений. У этих культур до появления метелок накапливается до 75% биологической массы, потребляется 80% NPK от общего их количества. Поэтому основные питательные вещества следует вносить в ранние фазы роста и развития растений.

Под кукурузу и сорго используют микроэлементы В, Cu, Mn, Zn, Mo и Co. Наиболее эффективный способ их применения – это обработка семян перед посевом (В – 20-30 г д.в., Cu – 20-35 г, Mn – 15-25 г, Zn – 20-25 г, Mo – 20-40 г и Co – 10-15 г д.в. на 1 ц семян). При необходимости микроэлементы вносят в виде некорневых подкормок (В – 0,2 кг д.в., Cu – 0,5 кг, Mn – 1,5 кг, Zn – 1,5 кг и Mo – 0,2 кг д.в. на 1 га).

Применение микроудобрений на посевах кукурузы и сорго улучшает обмен веществ в растениях, повышает урожайность и улучшает качество зерна и зеленой массы. В почву микроудобрения вносят в смеси с туками. Предпосевную обработку проводят солями микроэлементов и совмещают с протравливанием пленкообразующими веществами. При комплексной обработке семян пленкообразующими препаратами, протравителями и микроудобрениями их растворяют (каждый отдельно) в подогретой воде. После охлаждения растворы тщательно смешивают и заливают в бак протравителя или зернопогрузчика.

Известкование кислых почв и гипсование засоленных почв обязательное условие получения высоких урожаев кукурузы и сорго. Норму извести определяют по гидролитической кислотности или по механическому составу почв и показателю pH. Известь вносят в севообороте под предшествующие культуры или непосредственно под эти культуры.

Кукуруза выращивании на зерно без орошения в лесостепной и степной зонах кукуруза может давать урожайность 60—70 ц с 1 га, а при орошении — 100 ц и более с 1 га. Хотя вынос элементов питания на 10 ц зерна у кукурузы близок к другим зерновым культурам (25—30 N, 8—12 P₂O₅ и 22 — 27 кг K₂O), размеры потребления питательных веществ этой культурой могут быть выше, чем с хорошими урожаями корне- и клубнеплодов. Так, при урожайности 100 ц зерна с 1 га в орошаемых условиях вынос составляет более 250 кг N, 100 кг P₂O₅ и 360 кг K₂O, а при урожайности зеленой массы 500—600 ц с 1 га — 150—180 кг N, 50—60 кг P₂O₅ и 150—200 кг K₂O.

Кукуруза очень требовательна к почвенному плодородию. Она не переносит кислых почв, и без их известкования даже при внесении высоких норм органических и минеральных удобрений нельзя рассчитывать на получение хорошего урожая этой культуры. Кукуруза потребляет питательные вещества в течение всего периода вегетации — вплоть до наступления восковой спелости зерна. Однако наиболее интенсивное их поглощение наблюдается в период быстрого роста за сравнительно короткий промежуток времени — от выметывания метелок до цветения.

Для получения высокого урожая кукурузы решающее значение имеет применение органических и минеральных удобрений, а в Нечерноземной зоне

— и известкование кислых почв.

Кукуруза очень отзывчива на внесение навоза и других органических удобрений. По многолетним опытным данным, применение навоза в средних нормах 40—60 т на 1 га повышает урожай зерна кукурузы на дерново-подзолистых и серых лесных почвах на 8—10 ц, в степной зоне — на 3—5, на черноземах — на 5—6 ц на 1 га. С увеличением нормы навоза урожай кукурузы возрастает, особенно при выращивании на силос на менее плодородных почвах Нечерноземной зоны. В этих условиях целесообразно возделывание кукурузы в прифермских севооборотах, а также на постоянных участках при систематическом внесении высоких норм навоза и минеральных удобрений в сочетании с известкованием. Совместное применение навоза и минеральных удобрений обеспечивает получение хороших урожаев кукурузы при меньших нормах органического удобрения. При посеве кукурузы на плодородных почвах после хорошо унавоженных предшественников можно ограничиться внесением под нее одних минеральных удобрений.

В составе полного минерального удобрения на дерново - подзолистых и серых лесных почвах, выщелоченных черноземах наиболее эффективны азотные удобрения. На обыкновенных, мощных и карбонатных черноземах наибольшие прибавки зерна получают от внесения фосфорных удобрений (и сочетания фосфора и азота), а калийные удобрения на этих почвах часто не оказывают положительные действия. На орошаемых посевах кукурузы юга и юго-востока, особенно на каштановых почвах Поволжья, возрастает роль азота на фоне фосфора, а применение калия целесообразно на фоне высоких норм азотно-фосфорных удобрений.

Навоз, фосфорные и калийные удобрения следует вносить под зяблевую вспашку (или перепашку зяби). Азотные удобрения лучше применять весной под предпосевную обработку почвы. Роль азота сильно возрастает при выращивании кукурузы как кормовой культуры, особенно когда при загущенном посеве предусматривается раннее использование зеленой массы.

Кукуруза очень медленно растет в первый месяц после всходов и поглощает ограниченное количество элементов питания. Однако недостаток доступных питательных веществ в этот период, особенно фосфора, отрицательно сказывается на дальнейшем развитии растений, снижает использование элементов питания из основного удобрения и почвы. Для обеспечения проростков кукурузы легкодоступными питательными веществами необходимо вносить небольшие дозы удобрений при посеве. При посеве кукурузы особенно эффективно местное внесение в гнезда небольшой дозы фосфора (5—7 кг P_2O_5 на 1 га) в виде гранулированного суперфосфата или аммофоса. Удобрения следует вносить отдельно от семян — на 4—5 см в стороны и на 2—3 см ниже семян, чтобы избежать вредного действия высокой концентрации почвенного раствора на проростки кукурузы.

Для обеспечения кукурузы элементами питания в период наиболее интенсивного роста в условиях достаточного увлажнения и при орошении в дополнение к основному удобрению можно провести подкормки азотом. За вегетационный период проводят 1—2 подкормки в дозах по 20—30 кг д. в. В подкормку

удобрения вносят культиваторами - растениепитателями с заделкой на глубину 8—10 см во влажный слой почвы. Необходимо помнить, что перенесение в подкормку фосфорных удобрений (и калийных, за исключением легких почв) снижает их эффективность, особенно при недостатке влаги в почве. Роль основного удобрения возрастает в условиях возделывания кукурузы по индустриальной технологии, исключая посев после уборки.

Удобрение зерновых бобовых культур

Зерновые бобовые (горох, вика, соя, фасоль и др.) имеют огромное значение в решении проблемы производства растительного белка для пищевых и кормовых целей. Зерно и солома этих культур отличаются значительным содержанием белка. Благодаря способности в симбиозе с клубеньковыми бактериями усваивать молекулярный азот атмосферы, зерновые бобовые не обедняют почву азотом, лучше усваивают фосфор из труднорастворимых фосфатов, являются хорошим предшественником для других культур в севообороте.

В урожае зерновых бобовых содержится значительно больше питательных веществ, чем при таком же урожае хлебных злаков. Это видно из следующих данных, характеризующих вынос культурами азота, фосфора и калия (в кг на 10 ц зерна и соответствующее количество соломы):

Максимальное накопление азота и калия у гороха и вики наблюдается в конце цветения, фосфора — при созревании. У культур с большим периодом вегетации, например у кормовых бобов и люпина, наибольшее количество всех основных элементов питания содержится к моменту созревания бобов на главном стебле.

Удобрение зерновых бобовых должно обеспечивать создание наиболее благоприятных условий для симбиотической азотфиксации. Связывание атмосферного азота бобовыми происходит в нейтральных почвах при условии заражения корней активными расами клубеньковых бактерий, достаточном уровне фосфорно-калийного питания и обеспеченности доступным молибденом — микроэлементом, принимающим участие в процессе азотфиксации. При кислой реакции среды и повышенном содержании в почве минерального азота образование клубеньков на корнях бобовых культур ограничивается и фиксация атмосферного азота снижается. В этом случае культуры формируют урожай в основном за счет азота почвы, количество остающегося в пожнивных и корневых остатках азота атмосферы не покрывает вынос этого элемента из почвенных запасов.

В благоприятных для азотфиксации условиях бобовые более полно обеспечивают свои потребности в азоте за счет усвоения его из воздуха и дают хороший урожай. С поживно-корневыми остатками зерновых бобовых в почву возвращается примерно столько же азота, сколько его используется этими культурами из почвы, т. е. складывается бездефицитный баланс азота. Оставшиеся в почве богатые азотом корневые и поживные остатки легко минерализуются, что и обеспечивает улучшение азотного питания следующих за ними культур севооборота.

Зернобобовые культуры достаточно требовательны к условиям питания. Система удобрений должна способствовать формированию здоровых растений

с высокой продуктивностью и семян с хорошими качественными показателями.

Традиционные органические удобрения (навоз, компосты), как правило, под зернобобовые культуры не вносятся, а применяются под предшествующие в севооборотах культуры. Однако зеленое удобрение, получаемые с промежуточных, пожнивных и поукосных посевов, измельченную солому при размещении по зерновым культурам, вносить под зернобобовые культуры целесообразно и эффективно. В качестве промежуточных культур на зеленое удобрение используются рапс, горчица, редька, озимая рожь и другие растения. При использовании соломы на удобрение для ускорения ее разложения вносят компенсирующие дозы азота из расчета 7-10 кг на 1 т. Возделывание промежуточных культур на зеленое удобрение и соломы кроме положительного воздействия на питательный, воздушный и водный режимы почвы имеет большое экологическое значение, т.к. уменьшаются потери элементов питания из пахотного слоя за счёт вымывания.

Зернобобовые культуры в связи с их способностью к фиксации азота из воздуха способны на 75-80% удовлетворять свои потребности в этом элементе за счет деятельности клубеньковых бактерий. Поэтому азотные удобрения, как это принято, под ЗБК вносить не следует. Однако к этому следует подходить дифференцировано с учетом способности к азотофиксации культур и почвенно-климатических условий региона. В условиях медленного прогревания почвы весной и связанного с этим недостатка азота в усвояемой форме под ряд культур следует применять «стартовые» дозы азотных удобрений – 30-45 кг га д.в. Азотные удобрения для предпосевного внесения, прежде всего, необходимы под сою, кормовые бобы и горох при выращивании на тяжелых почвах.

Для удовлетворения потребности зерновых бобовых в фосфоре и калии необходим высокий уровень обеспеченности этими элементами питания. Нормы фосфорных и калийных удобрений рассчитываются с учетом нормативов затрат на один центнер или тонну семян, которые установлены в результате проведения массовых полевых опытов (табл. 30).

Таблица 30

Затраты NPK на 1 т семян зерновых бобовых культур

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Сумма затрат NPK на 1 т зерна, кг	Соотношение N: P ₂ O ₅ : K ₂ O в урожае
Горох	53,0	15,2	22,0	90,2	1:0,29:0,42
Соя	72,4	24,1	39,3	135,8	1:0,33:0,54
Фасоль	55,6	22,4	31,2	109,5	1:0,41:0,56
Кормовые бобы	54,2	20,8	44,4	119,4	1:0,38:0,82
Чечевица	59,5	18,4	30,7	108,6	1:0,31:0,52
Чина	58,7	17,1	31,2	107,0	1:0,29:0,53
Нут	54,0	21,2	48,1	123,3	1:0,38:0,89
Люпин желтый	60,4	15,0	21,3	96,7	1:0,25:0,35

Затраты удобрений в д.в. перемножаются на программируемую урожайность и в результате определяются полные нормы их, которые коррелируются в зависимости от величины поправочных коэффициентов на эффективное плодородие почвы.

Можно для определения норм использовать другие методы: элементарного баланса, по выносу и т.д. Однако их применение сопряжено с учетом сильно варьирующих коэффициентов использования фосфора зерновыми бобовыми из почвы и удобрений.

Под люпин желтый и узколиственный применяется фосфоритная мука в связи с высокой усвояющей способностью корневых систем. Лучше фосмуку вносить под зяблевую вспашку.

Фосфорно-калийные удобрения (суперфосфат, хлористый калий, калийная соль, калимагнезия) вносятся под предпосевную обработку почвы. Наиболее эффективный способ их применения – локальный (рядками или лентами). При недостатке фосфорных туков гранулированный суперфосфат применяется в рядки при посеве в дозах 15-20 кг/га д.в.

Для устранения дефицита в микроэлементах (Mo, B, Mn) используются молибденовокислый аммоний, бура, борная кислота и сернокислый марганец. Наиболее эффективные способы их применения – это обработка семян (200-300 г/т семян при протравливании) или некорневая подкормка (800-900 г/га во время вегетации). Решение о целесообразности использования микроудобрений принимаются на основе результатов агрохимического анализа почв или по симптомам недостаточности (визуально).

Известкование кислых почв под зерновые бобовые обязательно и нормы известки устанавливаются по гидролитической кислотности или по мехсоставу почв и величине рН. Известь вносится в севообороте под предшественники или непосредственно под зерновые бобовые культуры. Под люпин желтый и узколиственный известковые материалы применять не следует.

Фосфорные и калийные удобрения в дозе 45—60 кг д. в. на 1 га следует вносить под зерновые бобовые с осени под зяблевую вспашку, на легких почвах калийные удобрения - под культивацию (табл. 31).

Внесение до посева небольшой нормы азотных удобрений (20—40 кг N на 1 га) благоприятно для обеспечения азотного питания растений в первый период роста, когда клубеньки еще не образовались. Увеличение норм азотных удобрений может оказать положительное действие на урожай зерновых бобовых на малоплодородных дерново-подзолистых почвах. Однако при высоких нормах минерального азота (свыше V_s общего выноса азота с урожаем) могут снижаться относительные размеры азотофиксации, хотя абсолютное количество усвоенного растениями азота из атмосферы при этом остается на прежнем уровне или даже несколько возрастает. Усиленное снабжение минеральным азотом может также привести к сильному развитию у большинства зерновых бобовых вегетативной массы и затягиванию созревания, что способствует усиленному развитию сорняков, угнетающих посевы.

Внесение небольшой дозы гранулированного суперфосфата (10—15 кг P_2O_5 на 1 га) в рядки при посеве обеспечивает питание растений фосфором в начальный период роста.

**Примерные нормы удобрений под сельскохозяйственные культуры
на минеральных почвах среднего уровня плодородия**

Планируемая урожайность (ц с 1 га) по культурам	Норма навоза, * т на 1 га	Норма минеральных удобрений, кг на 1 га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Кукуруза на силос: 300—350	30—40	50—70	60—80	50—70
400—450	40—50	70—100	80—100	70—90
500—550	50—60	90—120	100—120	110—140
Горох и вика (зерно): 15—16		20—30	45—60	40—60
18—20	—	30—40	60—80	60—80
Однолетняя бобово-злаковая смесь (зеленая масса): 150—200		20—30	60—80	40—60
250—300	—	30—60	80—100	60—90
Клевер с тимофеевкой 1-го года пользования с преобладанием клевера (сено)				
30—35		30	50—70	40—70
40—50		30—40	60—90	60—100
Лен (волокно) по клеверищу:				
5—6		20—35	50—70	70—90
8—10	—	35—60	70—90	90—120
Картофель:	20—40	50—70	50—70	60—80
130—150				
160—200	20—40	60—80	60—90	60—90
210—250	30—50	80—100	80—100	90—120
260—300	40—60	90—120	80—100	120—140

* Или торфонавозного компоста.

6.4. Система удобрения для пропашных и технических культур. Удобрения для пропашных культур.

Удобрения для технических культур. Удобрения лугов и пастбищ

Удобрение картофеля. Картофель является важнейшей продовольственной, кормовой и технической культурой. Оптимальная реакция почвенного раствора для картофеля — рН 5,5-6,0, хотя он способен лучше других полевых культур переносить слабокислую реакцию. Картофель хорошо отзывается на известкование сильно- и среднекислых почв умеренными нормами извести. При известковании почвы полной нормой — по гидролитической кислотности — картофель может сильно поражаться паршой, что снижает его товарные и продовольственные качества. При наличии двух-трех полей картофеля в севообороте лучшая суммарная его продуктивность достигается при известковании кислых почв по 2/3—3/4 полной нормы по гидролитической кислотности.

При высокой агротехнике с урожаем картофеля на каждые 100 ц клубней и соответствующее количество ботвы выносятся 40-60 кг N, 15-20 кг P₂O₅ и 70-90 кг K₂O.

Картофель обладает относительно слабо развитой корневой системой и в

первый период роста плохо усваивает трудно растворимые питательные вещества из почвы. Это обуславливает повышенную отзывчивость картофеля на внесение удобрений.

Поглощение элементов питания картофелем происходит в течение всего вегетационного периода, более быстрыми темпами потребления питательных веществ обладают ранние сорта.

Наибольшее количество питательных веществ поглощается скороспелыми сортами картофеля во время бутонизации и цветения, а средне- и позднеспелыми - в период интенсивного роста ботвы и начала клубнеобразования. Достаточное снабжение растений всеми основными элементами питания в этот период имеет исключительное значение для формирования урожая. Избыточное, особенно одностороннее, питание азотом вызывает израстание в ботву и задерживает клубнеобразование. На образование клубней используются питательные вещества, как поступающие в этот период из почвы и удобрения, так и ранее накопленные в ботве. Вследствие реутилизации питательных веществ к моменту уборки картофеля в клубнях содержится около 80% азота, 90% фосфора и практически весь калий.

Эффективность удобрений зависит от почвенно-климатических условий, уровня агротехники и сорта картофеля.

Наибольший урожай клубней получают при совместном внесении органических и минеральных удобрений, прибавка урожая составляет 40- 50 и более процентов по сравнению с отдельным их применением.

Навоз и компост обогащают почву полезной микрофлорой, содействует накоплению гумуса, улучшают физические свойства, структуру, водный и воздушный режим, при этом повышается поглотительная способность почв его буферность. При внесении в почву 30 т/ га навоза ежедневно выделяется 10 - 200 кг/га CO_2 . Для урожайности картофеля 30- 40 т/га требует ежедневно 200 - 300 кг CO_2 . За счет углекислоты прибавка урожая клубней может возрасти на 30- 40 %.

При внесении только минеральных удобрений без органических происходит систематическая потеря гумуса, которую не может преодолеть севооборот в течение длительного времени.

Оптимальная доза качественно приготовленных органических удобрений (навоза, торфонавозных компостов 1:1) на дерново- подзолистых суглинистых почвах - 40- 60, на супесчаных - 60- 80, на выщелоченных черноземах - 40 т/га.

Средние прибавки урожая клубней картофеля, по данным ВНИИКХ на легких песчаных и супесчаных почвах центральных районов Нечерноземной зоны от каждой тонны навоза (при внесении 40 т/ га) достигают 3- 3,5, в западных районах - 4- 4,5 ц/га. На суглинистых и глинистых дерново- подзолистых почвах а также серых лесных почвах этой зоны в среднем 1 т навоза дает прибавку 1,5- 2 ц/ га клубней. на суглинистых и супесчаных почвах, подстилаемых мореной, органические удобрения вносят осенью под основную обработку или под предшественник. На песчаных и супесчаных почвах, подстилаемых песками лучше вносить весной, чтобы избежать вымывание питательных элементов осадками в нижние горизонты почвы.

Установлена высокая эффективность осеннего внесения органических удобрений под картофель. При весеннем внесении удобрений до 40 % площади уплотняется, наблюдается разрушение почвенной структуры, при опаздывании с посадкой на 10- 12 дней потери урожая равны прибавке его внесения 50 т/га органических удобрений.

При возделывании раннего картофеля органические удобрения вносят только осенью, что позволяет начать посадку в оптимальные сроки.

В качестве дополнительных альтернативных источников органического вещества необходимо широко использовать зеленое удобрение получаемое с сидеральных, поукосных, пожнивных посевов и измельченную солому.

В исследованиях на серых лесных почвах Брянского ГАУ, промежуточная сидерация компенсировала действие 30 т навоза. Сидерат и солома обеспечивают прибавку урожая клубней 5,0 - 6,5 т (18,8- 21,8 %), а в потомстве более высокий выход семенной фракции. Перспективны такие культуры, как узколистный, желтый и многолетний люпины, рапс, горчица, редька, донник, райграс в смеси с сераделлой.

При использовании соломы на удобрение для ускорения ее разложения вносят компенсирующие дозы азота из расчета 7- 10 кг на 1 т. В сочетании с минеральными удобрениями, бесподстилочным навозом (6-8 т. на 1 т. соломы) или поживными сидератами она действует не менее эффективно, чем подстилочный навоз.

Использование соломы в качестве удобрения особенно выгодно на удаленных от ферм полях, так как затраты на транспортировку навоза экономически не выгодны. Солому необходимо использовать в хозяйствах с низким выходом навоза, при этом систематическое ее внесение имеет преимущество перед разовым ее использованием.

Нормы удобрений устанавливаются для каждого поля с учетом планируемого урожая, обеспеченности почвы подвижными питательными веществами и сортовых особенностей. Их следует корректировать для каждого поля с учетом планируемого урожая, обеспеченности почв элементами питания. На почвах с высоким содержанием фосфора и калия нормы фосфорно-калийных удобрений уменьшают на 20-25 кг д.в., на почвах с низким содержанием соответственно увеличивают.

При оптимальной влагообеспеченности, регулируемой в необходимых условиях поливами, максимальные урожаи картофеля с лучшими показателями качества обеспечиваются, по данным А. В. Коршунова (1988), следующими нормами удобрений: на дерново-подзолистой связно-песчаной почве по фону навоза при $N_{60-90} P_{150-180} K_{180-225}$, навоза под предшественник - при $N_{150} P_{150-180} K_{180}$; на дерново-подзолистой суглинистой почве по фону навоза - при $N_{90} P_{150-180} K_{180-225}$, навоза под предшественник - при $N_{135} P_{180} K_{180}$; на серых лесных почвах и выщелочных черноземах по фону навоза - при $N_{60-120} P_{180-210} K_{150-180}$, навоз под предшественник - при $N_{135} P_{210} K_{165}$.

Фосфорные и калийные удобрения (особенно хлорсодержащие) вносят преимущественно с осени под вспашку. Азотные, как легкорастворимые, во избежание вымывания их в нижние горизонты следует применять весной под

предпосевную обработку. На песчаных и супесчаных почвах целесообразно все минеральные удобрения вносить весной. Подкормка не может заменить основного удобрения, ее применяют, если удобрения внесены не в полной норме, на песчаных и супесчаных почвах при выпадении большого количества осадков в летний период и при орошении. Потребность в подкормках определяется по данным почвенной диагностики (содержание минерального азота в почве в фазе 2- 4 листьев) и листовой диагностики (в фазе 4- 5 листьев и начала бутонизации). Удобрения вносят в дозе $N_{20-30} K_{20-30}$.

Эффективность минеральных удобрений возрастает при локальном их внесении. Установлено, что при внесении $N_{60-90} P_{60-90} K_{60-90}$ (нитрофоска, нитроаммофоска) при нарезке гребней в зонах с достаточным количеством осадков окупаемость 1 кг удобрений увеличивалась с 16 до 29- 33 кг. клубней. при этом питательные вещества меньше поглощаются почвой, находятся в корнеобитаемом ее слое. Это самый экологически безопасный способ использования минеральных туков. Он должен как можно шире применяться под картофель.

Под картофель можно применять все формы фосфорных удобрений. На кислых почвах (рН 5,0 и ниже) лучше использовать фосфоритную муку, которая по эффективности не уступает суперфосфату. Лучшие калийные удобрения для картофеля - серно - кислый калий, калимагнезия и калимаг. При применении сырых калийных солей (сильвинит, каинит), содержащих хлор, снижается содержание крахмала в клубнях, из азотных - аммиачную селитру, сульфат аммония.

Для устранения дефицита в микроэлементах следует вносить: на торфяно-болотных почвах 5 - 6 кг медного купороса при посадке; на карбонатных черноземах и осушенных торфяниках - сернокислый цинк; на дерново - подзолистых почвах - буру, борную кислоту, молибденовокислый аммоний (150 - 300 г на 300 - 400 л. воды) проводят в фазу бутонизации некорневую подкормку.

Лучшими формами известковых удобрений в картофельных севооборотах являются магнийсодержащие известковые удобрения (доломитовая, магниезиальная известняковая мука). Известь вносится в севообороте полной нормой по гидролитической кислотности непосредственно под картофель. Это позволяет сэкономить расход минеральных удобрений до 30 %, а также сохранить физико-механические свойства почвы на оптимальном уровне в течение 10 лет.

На обыкновенных и мощных черноземах часто на первом месте по эффективности стоит фосфор, на втором - азот. Несмотря на большое потребление картофелем калия, эффективность калийных удобрений на большинстве почв слабее, чем азотных, а часто и фосфорных удобрений. Потребность в калии увеличивается при внесении высоких норм азота и фосфора. В то же время на пойменных и торфяных почвах калийные удобрения по эффективности занимают первое, на песчаных и супесчаных дерново-подзолистых почвах - второе место после азотных. На этих почвах необходимо вносить более высокие нормы калийных удобрений даже при применении навоза.

Картофель хорошо отзывается на внесение навоза на всех почвах, но наиболее высокие прибавки урожая от навоза получают на дерново-подзолистых почвах, особенно песчаных и супесчаных. На мощных черноземах южных и юго-восточных районов страны эффективность навоза значительно ниже.

Средняя норма навоза под картофель на дерново-подзолистых почвах – 30 - 40 т на 1 га, на черноземах – 15 - 20 т на 1 га. Наряду с навозом под картофель можно вносить торфонавозные, торфожижевые, торфофекальные и другие компосты.

Наиболее высокие прибавки урожая картофеля получают при совместном внесении навоза или компостов с минеральными, прежде всего с азотными и азотно-фосфорными удобрениями.

Средние нормы минеральных удобрений на фоне органических удобрений под картофель в севооборотах дерново-подзолистой зоны приведены в таблице 32, а на черноземах - в таблице 33.

Таблица 32

Средние нормы минеральных удобрений на фоне органических удобрений под картофель в севооборотах дерново-подзолистой зоны

Культура	До посева				При посеве посева		После посева посева
	навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	N	N
Вика с овсом	20—30	30—40	30—40	30—50	10	—	—
Рожь	—	30—40	60—80	40—60	10	—	30—60
Ячмень с подсевом клевера	—	40—60	80—100	120—150	10	—	—
Озимая пшеница	—	30-40	60—80	40—70	10	—	40—80
Картофель	20—30	80—120	80—100	120—160	20	20	—
Вика с овсом	20—30	30—40	40—60	50—60	10	—	—
Озимая пшеница	—	30—50	60—80	40—60	10	—	60—80
Овес	—	50—80	60—80	60—80	10	—	—

Примечание. Нормы навоза указаны в т; N, P₂O₅, K₂O - в кг на 1 га, Указанное количество удобрений может обеспечить урожайность зерновых 25 - 30 ц и картофеля 200 - 250 ц с 1 га.

Важно отметить, что ранние сорта картофеля характеризуются более интенсивным потреблением питательных веществ и сильнее реагируют на удобрение. Поэтому нормы минеральных удобрений на фоне навоза должны быть выше под ранние, чем под поздние, сорта картофеля. При этом особенно важно выбрать правильное соотношение между отдельными видами удобрений. Для получения ранней товарной продукции необходим более высокий уровень фосфорного питания растений.

Навоз и другие органические удобрения, фосфорные и калийные минеральные удобрения лучше всего вносить с осени под зяблевую вспашку. Только на легких почвах в районах достаточного увлажнения весеннее внесение удобрений дает лучшие результаты, чем осеннее, что объясняется вымыванием калия из почвы.

Средние нормы минеральных удобрений на фоне органических удобрений на черноземах

Культура	До посева				При посеве		После посева
	навоз	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	N	N
Горох			30—40	50—70	10		
Озимая пшеница	—	30—40	40—60	40—50	10	—	40—60
Кукуруза	20—30	100—120	60—80	80—100	5	2	—
Ячмень	—	60—80	80—100	100—120	10	—	—
Клевер							
Озимая пшеница	—	—	60—70	40—60	10	—	40—60
Картофель	20—30	100—120	60—80	100—120	20	20	—
Подсолнечник	—	100—120	60—90	100—120	10	—	—
Вика с овсом	20—30	—	40—60	50—90	10	—	—
Озимая пшеница	—	30—40	40—60	40—60	10	—	40—60
Овес	—	40—60	40—60	40—60	10	—	—

Примечание. Нормы навоза указаны в т; N, P₂O₅, K₂O - в кг на 1 га.

При таком количестве удобрений, выполнении всех технологических приемов, способствующей накоплению и сохранению воды в почве, можно выращивать урожай зерновых колосовых культур 25 - 35 ц, кукурузы 50 - 70 ц, картофеля 200 - 250 ц и подсолнечника 20 - 25 ц с 1 га.

Большое значение для обеспечения более благоприятных условий питания в начальный период роста имеет локальное внесение удобрений в лунки при посадке картофеля. При посадке в гнезда вносят гранулированный суперфосфат и аммиачную селитру, а также сложные и комплексные удобрения из расчета 20 - 30 кг д. в. NPK на 1 га.

На песчаных и супесчаных почвах часть азота и калия (1/4 - 1/3 общей нормы) целесообразно перенести в подкормку. На других почвах перенесение части удобрений из основного в подкормку, как показывают опыты, вызывает снижение эффективности. Поэтому вносить удобрения в подкормку картофеля следует только, если они не применялись в достаточном количестве до посева. Для подкормки картофеля можно использовать местные удобрения — навозную жижу (5 - 10 т на 1 га), птичий помет (5 - 8 ц на 1 га), которые вносят с немедленной заделкой в почву при рыхлении междурядий.

Под картофель в равной степени применимы все формы промышленных азотных удобрений. На кислых почвах наряду с суперфосфатом в основное удобрение можно применять фосфоритную муку (в полуторных или удвоенных дозах по сравнению с суперфосфатом), а также другие фосфорные удобрения. По своему действию на урожай картофеля сульфатные и хлористые формы калийных удобрений как при разовом, так и длительном применении в севообороте практически равноценны. Однако хлористые формы калийных удобрений могут снижать относительное содержание крахмала в клубнях картофеля. Внесение хлорсодержащих калийных удобрений с осени в значительной мере устраняет вредное действие хлора на картофель (в результате вымывания хлора

из почвы с осадками).

Под влиянием фосфорных удобрений относительное содержание крахмала в клубнях может повышаться, а под влиянием азотных — несколько снижаться. Однако вследствие увеличения урожая картофеля при применении удобрений валовой сбор крахмала с единицы площади всегда возрастает.

Удобрение сахарной свеклы

Сахарная свекла выращивается в различных почвенно - климатических зонах страны, но основные площади посевов фабричной сахарной свеклы сосредоточены в ЦФО.

Оптимальная реакция почвенного раствора должна быть близкой к нейтральной или слабощелочная (рН 6,5—7,5). Слабокислые серые лесные и дерново-подзолистые почвы необходимо известковать. Так как при известковании снижается подвижность и доступность растениям бора почвы, целесообразно применение под сахарную свеклу борсодержащих удобрений. Недостаток бора вызывает у сахарной свеклы, как и у других корнеплодов, гниль сердечка — заболевание, полностью устраняемое внесением бора.

По выносу питательных веществ сахарная свекла занимает одно из первых мест среди полевых культур. При урожае 400 ц с 1 га свекла потребляет 180 кг N, 55 кг P₂O₅ и 250 кг K₂O. Вынос элементов питания сахарной свеклой на 100 ц корней и соответствующее количество ботвы может изменяться в широких пределах в зависимости от почвенно - климатических условий, уровня и структуры урожая. Больше потребление питательных веществ на образование равного урожая сахарной свеклой в Нечерноземной зоне, чем в районах черноземных почв, объясняется прежде всего различиями в структуре урожая. На черноземах формируется меньшее количество ботвы на каждые 100 ц корней сахарной свеклы.

Потребление элементов питания сахарной свеклой происходит на протяжении всего периода вегетации, почти до уборки. В начальный период роста она поглощает относительно небольшое количество азота, фосфора и калия. Но корневая система в это время еще слабо развита и молодые растения очень чувствительны к недостатку доступных питательных веществ в почве, особенно фосфора. В дальнейшем потребление питательных веществ резко усиливается и достигает максимума в основной зоне свеклосеяния в июле - августе.

В период интенсивного роста листьев сахарная свекла потребляет особенно много азота. При формировании корнеплода и сахаронакопления требуется умеренное азотное, но повышенное фосфатное и особенно калийное питание растений.

Лучшие условия питания сахарной свеклы в течение всего периода вегетации обеспечивает применение органических и минеральных удобрений. Сахарная свекла - одна из наиболее отзывчивых сельскохозяйственных культур на совместное внесение навоза и минеральных удобрений.

При выращивании свеклы на достаточно окультуренных почвах после хорошо удобренных навозом предшественников (кукуруза, картофель, озимая пшеница и др.) под нее можно вносить только минеральные удобрения. Нормы

и эффективность отдельных видов удобрений зависят от почвенно-климатических условий и предшественника.

Навоз и фосфорно-калийные удобрения (за исключением небольших доз в рядки при посеве) вносят под сахарную свеклу в виде основного удобрения с осени под глубокую зяблевую вспашку плугом с предплужниками.

При внесении минеральных удобрений весной с мелкой заделкой под культиватор или борону эффективность их резко снижается, особенно в засушливые годы.

На легких почвах в более увлажненных районах западных областей ЦФО калийные удобрения лучше вносить весной под предпосевную обработку вместе с азотными удобрениями.

В рядки при посеве на всех почвах (кроме солонцеватых) рекомендуется вносить полное минеральное удобрение: 10 - 15 кг N, 15 - 20 кг P₂O₅ и 10 - 15 кг K₂O на 1 га. Рядковое удобрение, улучшая условия питания и рост растений в начальный период, обеспечивает значительное повышение урожая сахарной свеклы. В рядки не следует вносить аммонийные формы азотных удобрений, поскольку в семенах сахарной свеклы имеется малый запас углеводов и проростки могут страдать от аммиачного отравления.

При обычной технологии возделывания сахарной свеклы для обеспечения растений питательными веществами в течение всей вегетации и получения высокого урожая корней (500 ц с 1 га и более) в дополнение к основному и рядковому удобрению возможно проведение подкормки в период вегетации. Подкормки свеклы могут применяться при высоких нормах удобрений в орошаемых районах, в западных и северо-западных регионах основной зоны свеклосеяния. Однако подкормка не может заменить основного удобрения. Опыты показывают, что перенесение части удобрений из основного в подкормку при обычных нормах приводит к снижению урожая. Подкормка должна применяться только в дополнение к основному удобрению.

На дерново-подзолистых почвах и выщелоченных черноземах эффективно применение фосфоритной муки, особенно в составе компостов с органическими удобрениями.

Лучшая форма калийных удобрений для сахарной свеклы - калийная соль, которая содержит натрий, положительно влияющий на урожай корнеплодов и содержание в них сахара. Положительное влияние на урожай и сахаристость свеклы на черноземах оказывают марганцевые удобрения.

Зона возделывания фабричной сахарной свеклы включает и основные районы выращивания озимой пшеницы, кукурузы на зерно и подсолнечника. В зерносвекловичных севооборотах минеральными удобрениями обеспечивают в первую очередь сахарную свеклу, но при этом решается одновременно и задача получения высоких устойчивых урожаев озимой пшеницы и кукурузы.

В свеклосеющих хозяйствах в зоне достаточного увлажнения навоз (компост) в количестве 30-40 т/га вносят непосредственно под свеклу.

В регионах неустойчивого увлажнения на черноземах разной степени выщелоченности навоз вносят в пару под озимые. На малогумусных легких почвах оподзоленных черноземах эффективно дробное внесение навоза (40

т/га), половину под парозанимающие культуры и вторую половину - непосредственно под свеклу.

Средние прибавки урожая корнеплодов в расчете на 1 т навоза по данным ВНИИСС, в зонах достаточного увлажнения составляют 1,6-2,5 ц/га, неустойчивого - 1,4-2,0 и недостаточного - 0,5-4,5 ц/га.

В условиях биологизации земледелия в качестве дополнительных альтернативных источников органического вещества необходимо широко использовать сидерат в виде зеленого удобрения и измельченную солому совместно с жидким навозом. Азот в жидком навозе в зависимости от вида животных на 50-70% представлен в аммиачной форме и после внесения в почву преобразуется в азот нитратный. По данным немецких ученых (Asmus A., Koriath H., 1984) при совместном использовании жидкого навоза с выращиванием пожнивных растений (редька масличная и рапс) на песчаной почве на глубине 1 м потери азота сократились в 2 раза по сравнению с вариантом без удобрений и в 4 раза - с вариантом с использованием жидкого навоза в норме 320 кг/га по азоту.

Таким образом, технологическая схема использования органических удобрений (солома и сидерат в поле + транспортировка жидкого навоза или навозной жижи с их немедленной заделкой в почву) приемлема и для сахарной свеклы, так как позволяет резко снизить материальные и энергетические затраты и в экологическом отношении не угрожает загрязнению среды.

Система удобрений сахарной свеклы включает основное их внесение, рядковое и подкормки. Важно, чтобы во всех зонах свеклосеяния минеральные удобрения были внесены под глубокую зяблевую вспашку до 80% годовой потребности в них.

В таблице 34 приведены примерные нормы минеральных удобрений, рекомендуемые ВНИИСС для получения урожая 30-40 т/га.

Таблица 34

Примерные нормы минеральных удобрений под сахарную свеклу

Район возделывания	Зона, почва	Норма, кг/га д.в.		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Центральный	Достаточно увлажненная	160	150	170
	Серые лесные оподзоленные и выщелоченные	140	150	140
ЦЧР	Неустойчивого увлажнения	150	150	160
	Выщелоченные и типичные черноземы	140	150	140
	Недостаточного увлажнения, типичные и обыкновенные черноземы	130	150	130
Северный Кавказ	Недостаточного увлажнения Предкавказские Малогумусные и каштановые мощные	110	160	120
Поволжский	Неустойчивого увлажнения, темно-серые лесные и черноземы оподзоленные	140	150	130
	Достаточного увлажнения черноземы типичные и обыкновенные	130	150	130
Алтайский край	Неустойчивого увлажнения, типичные, выщелоченные и обыкновенные черноземы	100	160	120
	Недостаточного увлажнения обыкновенные и средневыщелоченные черноземы	110	120	150

Рекомендуемые средние нормы минеральных удобрений необходимо уточнять для каждого конкретного поля с учетом планируемого урожая, обеспеченности полей элементами питания.

В зоне достаточного увлажнения основную часть фосфорных и калийных удобрений необходимо вносить осенью перед глубокой вспашкой, азотных - весной под культивацию. В зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения минеральных удобрения вносят осенью. По данным ВНИИСС при использовании удобрений в весенне-летний период по сравнению с осенним их эффективность снижается на 30-40%, содержание сахара в корнеплодах - на 0,3-0,9%, доброкачественность очищенного сока - на 1,5-2%.

Рядковое удобрение ($N_{10}P_{15-20}K_{10}$) улучшает рост и развитие растений, повышает их устойчивость к неблагоприятным условиям. Хорошие результаты дает внесение сложных туков 80-100 кг/га.

Подкормку применяют в дополнение к основному удобрению, если с осени внесено недостаточно элементов питания. Она должна быть проведена не позднее фазы 4-5-й пары настоящих листьев. В подкормку обычно используют сложные удобрения: нитрофоску, азофоску, аммофос и др. по 2-3 ц/га или 25-30 кг/га азота, по возможности в жидкой форме. Удобрения заделывают на глубину 10-12 см. Подкормка также эффективна и при возделывании сахарной свеклы на орошаемых землях и в районах достаточного увлажнения.

Для устранения дефицита в микроэлементах (В, Мп, Си и др.) используются борно-датолиновые удобрения (1,5-2,0 кг/га бора), сернокислый марганец (10-15 кг/га), медные удобрения пиритные огарки (6-8 ц/га под вспашку один раз в 4-5 лет) или сульфат меди (1,2-2,4 кг/га). Наиболее эффективные способы их применения - это обработка семян или некорневая подкормка, а также под культивацию или в рядки при посеве. Потребность растений в микроудобрениях контролируют на основе результатов агрохимического анализа почв или визуально.

Нормы извести устанавливаются по гидролитической кислотности или по механическому составу почв и величине рН. Известковые материалы (дефекат, доломитовая мука, мергель) вносят в севооборот под предшественники или непосредственно под свеклу.

Удобрение кормовых корнеплодов

Корнеплоды предъявляют высокие требования к элементам питания. Система удобрений должна способствовать получению корнеплодов с хорошими качественными показателями.

По данным научных учреждений в Нечерноземной зоне на дерново-подзолистых и серых лесных почвах рекомендуется вносить под свеклу 50-60 т/га навоза, а на черноземных - 20-30 т, оподзоленных черноземах - 40 т/га; брюкву и турнепс - 30-40 т/га и морковь - 20-30 т/га. Навоз вносят под зяблевую вспашку.

При использовании соломы на удобрение для ускорения ее разложения вносят компенсирующие дозы азота из расчета 7-10 кг/т. Возделывание промежуточных культур на зеленое удобрение и соломы имеет большое экологиче-

ское значение, т.к. уменьшаются потери элементов питания из пахотного слоя за счет вымывания.

Нормы внесения минеральных удобрений рассчитываются с учетом нормативов затрат на 1 т продукции, которые установлены в результате проведения массовых полевых опытов в Географической сети длительных опытов с удобрениями. По содержанию подвижного фосфора и обменного калия с целью оптимизации их питания предложена градация дерново-подзолистых и серых лесных почв для кормовых корнеплодов (табл. 35).

Таблица 35

Градация дерново-подзолистых и серых лесных почв по содержанию питательных веществ

Культура	Обеспеченность почв питательными веществами, мг/кг (по Кирсанову)			
	низкая	средняя	повышенная	высокая
Кормовые корнеплоды	P_2O_5			
	до 250	251-350	351-450	>450
	K_2O			
	до 170	170-250	251-350	>350

Затраты удобрений в д.в. перемножаются на программируемую урожайность и на поправочный коэффициент на плодородие почвы, который при низкой обеспеченности принимается за 1, при средней – 0,75, повышенной – 0,5, высокой – 0,25.

Примерные нормы минеральных удобрений, рекомендуемые научно-исследовательскими учреждениями: кормовая свекла – лесостепная зона выщелоченные черноземы $N_{90}P_{120}K_{90}$, серые лесные почвы $(NPK)_{120}$, пойменные земли $N_{35-40}P_{40-80}K_{100-150}$, торфяники $N_{30-80}P_{60-120}K_{120-180}$; морковь на черноземных почвах $(NPK)_{45-60}$; дерново-подзолистых суглинках и супесях $N_{80-90}P_{60-70}K_{90-120}$.

Рекомендуемые средние нормы минеральных удобрений необходимо уточнять для каждого конкретного поля с учетом планируемого урожая, обеспеченности почв элементами питания.

Фосфорно-калийные удобрения вносят под зяблевую вспашку, азотные – весной под культивацию. В зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения минеральные удобрения (75-80% годовой потребности) вносят осенью.

При посеве в рядки ($N_{10}P_{15-20}K_{10}$) вносят гранулированный суперфосфат или сложные удобрения.

На почвах с низкой обеспеченностью подвижными формами основных элементов минерального питания проводят подкормки: первую – после букетировки, вторую – до смыкания рядков. В подкормку используют нитрофоску, азофоску, аммофос и другие сложные удобрения по 2-3 ц/га.

Потребность растений в микроэлементах (В, Мп, Си и др.) удовлетворяют, внося микроэлементы в почву, а также при обработке семян или при некорневой подкормке. На кислых почвах обязательно проводят известкование. Нормы их внесения такие же, как и под сахарную свеклу.

Удобрение подсолнечника, масличного льна, кунжута и сафлора

Количество потребляемых подсолнечником питательных веществ определяется различными условиями его выращивания и уровнем урожая. На образования 1 ц семян подсолнечник поглощает 4..6 кг N, 2...5 кг P₂O₅, 10...12 кг K₂O, 1,7 MgO и 3,0 кг SO₄. Под подсолнечник при вспашке зяби вносят 15-20 т/га навоза, а также фосфорно-калийные удобрения (PK по 45-60 кг/га). Дозы удобрения зависят от уровня урожайности и плодородия почвы. Азот в дозе 45 кг/га вносят под предпосевную культивацию и в виде подкормок по 15 кг/га. Избыток азотного питания делает растения менее устойчивыми к засухе и болезням, ведет к снижению масличности семян.

Удобрение льна азотом, фосфором, калием и магнием следует проводить, основываясь на выносе этих элементов с урожаем и оптимальном соотношении вносимых элементов питания (N:P:K - 1:2:3 или 1:3:3). Как правило, достаточно доз 60...90 кг/га P₂O₅ и 90... 120 кг/га K₂O. Потребность льна в магнезии удовлетворяется магнийсодержащими удобрениями, которые можно внести во время зяблевой вспашки осенью или на легких почвах весной. Сохранение требуемой реакции почвенного раствора (рН) — на песчаных почвах 5...6, на суглинках 6...6,5 — обеспечивают известкованием в рамках севооборота.

Для определения количества азотного удобрения устанавливают содержание минерального азота в слое почвы 0...60 см непосредственно перед посевом. Кроме этого следует учесть ожидаемую густоту стояния растений. Если оптимальная для данной местности густота стояния не превышает, а содержание нитратного азота достаточное для данного типа почвы, можно внести до 60 кг/га азота. После предшественников, удобренных навозом, следует снизить дозу на 10...30 кг N/га. При резком повышении оптимальной густоты стояния целесообразно дробить даже дозы 60 кг N/га, а при малой густоте стояния в насыщенном зерновыми севообороте после озимой пшеницы можно внести дозу 80 кг/га азота без дробления при посеве. При дроблении первую дозу вносят при посеве, а вторую в фазе начала бутонизации. Поглощение азота растениями льна до образования коробочек происходит в таком объеме, что, как правило, достаточно разового внесения при посеве. Вторая доза может вызвать задержку отцветания и созревания, если при определенных погодных условиях ее действие запаздывает.

Необходимо следить в рамках севооборота за хорошей обеспеченностью почвы микроэлементами и состоянием рН. На недостаток цинка, бора и железа лен реагирует недоразвитием и отставанием в росте

Кунжут требует высокой обеспеченности элементами минерального питания. Навоз вносят под предшествующую культуру. Нормы, сроки и способы внесения минеральных удобрений зависят от уровня естественного плодородия почвы.

При достаточном обеспечении почвы калием и фосфором под сафлор вносят P₂O₅ - 40...60 кг/га и K₂O — 80...100 кг/га. Данные об азотных удобрениях в литературе разноречивы. В западной Австрии для высокой урожайности достаточными были дозы 50 кг N/га при содержании в почве азота 40...60 кг/га. Сафлор хорошо использует на ранних стадиях развития жидкий навоз и жижу, но их внесение не должно проводиться в солнечную погоду. Ляллеманция тре-

бует мало азотного удобрения. С учетом содержания азота в почве достаточно 30...40 кг N /га. Повышение дозы не дает прибавки урожайности, но может вызвать полегание растений. Достаточно средняя обеспеченность почвы фосфором, калием, магнием, которую можно регулировать в рамках севооборота.

Удобрение рапса и горчицы (капустных масличных культур)

Органические удобрения под капустные масличные культуры достаточно эффективны. Однако лучше их вносить под парозанимающие культуры или под предшествующие в севообороте. Нормы внесения навоза или компостов 30-40 т/га. Эффективным является зеленое удобрение в сочетании с соломой.

По мере роста и развития растений капустные масличные культуры потребляют питательных веществ существенно возрастает, к фазе созревания снижается, а затем прекращается. В это время растения используют азот, фосфор и калий, накопленный в листьях, стеблях и корнях.

При расчете норм минеральных удобрений необходимо использовать нормативы затрат минеральных туков в д.в. на 1 т маслосемян с учетом оптимизации величин агрохимических показателей (табл. 36).

При возделывании капустные масличные культуры кислые почвы надо известковать по полной гидролитической кислотности с целью доведения величины рН до оптимального уровня.

При обработке семян протравителями необходимо применение микроудобрений (медных, борных и марганцевых) из расчета 400-500 г на 1 т семян по каждой форме применяемых препаратов.

Таблица 36

Рекомендуемые величины агрохимических показателей при выращивании рапса

Почва	рН	Гумус, %	Содержание, мг/кг		Метод определения
			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Дерново-подзолистая	5,6-7,0	2-3	100	120	по Кирсанову
Серая лесная	5,6-7,0	3-5	100	120	по Кирсанову
Выщелоченный и оподзоленный чернозем	5,6-7,0	4,5-6	100	120	по Чирикову
Обыкновенный и типичный чернозем	6,0-7,0	4,5-8	100	100	по Чирикову
Каштановая	6,0-7,0	3,5-5	30	300	по Мичигину

Из всех элементов питания капустные масличные культуры наиболее интенсивно реагируют на азот, а поэтому в составе минерального удобрения, прежде всего, под рапс, должны преобладать азотные туки. Нормы их применения на всех типах почв должны быть выше фосфора и калия на 30-50%. В связи с этим эффективны подкормки азотом. Озимый рапс и горчицу надо подкармливать рано весной N₄₅₋₉₀, яровые масличные культуры в фазе ветвления – начала бутонизации.

Удобрение эфирномасличных культур

Во всех зонах возделывания кориандра основная роль в повышении его урожая принадлежит азотно-фосфорным удобрениям, а также навозу. Калий-

ные удобрения действуют слабо, а на подзолистых серых лесных и оподзоленных черноземах без известкования они оказывают отрицательное действие. С учетом этого на черноземах обыкновенных и карбонатных, а также на каштановых почвах рекомендуется вносить $N_{60}P_{60}$, на выщелоченных черноземах и темно-серых оподзоленных почвах— $N_{60}P_{60}K_{60}$. Азотные, калийные и большую часть фосфорных удобрений лучше применять осенью под вспашку. При посеве в рядки рекомендуется вносить фосфор из расчета 10—15 кг действующего вещества на 1 га.

Под тмин система удобрений такая же, как и под анис. После удобренных озимых вносят осенью $N_{30-40}P_{40-50}K_{20}$. Если под предшественник удобрения не применяли, то, кроме минеральных удобрений в указанных дозах, вносят 20—30 т навоза на 1 га. Под последнюю осеннюю междурядную культивацию дают $N_{30}K_{20}$, после перезимовки под боронование — N_{20-30} .

Под фенхель рекомендуется вносить только минеральные удобрения. В виде основного удобрения применяют $P_{40-50}K_{40-50}$. Азотные удобрения вносят весной под культивацию (N_{40-50}).

В качестве основного удобрения под мяту рекомендуется вносить 20—60 т навоза на 1 га совместно с минеральными удобрениями в дозе $N_{45}P_{45}K_{45}$ или одни минеральные удобрения из расчета 90—120 кг/га азота, фосфора и калия на 1 га. Хорошие результаты дает внесение под мяту компоста (30... 50 т/га) и полного минерального удобрения. Урожай листа повышается при подкормке аммиачной селитрой, золой, птичьим пометом.

Шалфей мускатный хорошо отзывается на удобрения. Под него вносят навоз (20...25 т/га). В виде основного удобрения рекомендуется вносить: в Молдавии на обыкновенных и карбонатных черноземах $N_{60}P_{60}$, на оподзоленных и выщелоченных черноземах, а также: на серых лесных почвах— $N_{60}P_{60}$, в Краснодарском крае— $N_{40}P_{60}K_{40}$, в Крыму — $N_{60}P_{60}$. Припосевное удобрение следует вносить сбоку рядка в дозе P_{10} . В фазе розетки или в начале стеблевания эффективна подкормка в дозе $N_{30-60}P_{40-60}$. Шалфей второго года подкармливают рано весной из расчета $N_{50}P_{40-60}$.

Удобрение хлопчатника

Большая часть орошаемых посевов хлопчатника расположена на сероземах, а также луговых и лугово-болотных почвах. Систематическое применение больших норм минеральных удобрений под хлопчатник (в среднем около 350 кг д. в. на 1 га) обеспечивает получение высоких устойчивых урожаев.

На 1 т хлопка-сырца и соответствующее количество вегетативной массы растения потребляют в среднем 50 кг N, 15 кг P_2O_5 и 50 кг K_2O . Вынос элементов питания хлопчатником зависит от уровня урожая и его структуры. При высоких урожаях (45—50 ц с 1 га и более) соотношение между вегетативными и репродуктивными органами более благоприятное и потребление питательных веществ на 1 т хлопка - сырца меньше, чем при относительно низких урожаях.

От всходов до бутонизации хлопчатник растет медленно— за этот период формируется всего 4—5% органического вещества от максимального его накопления растениями. За время от бутонизации до цветения происходит

наиболее интенсивный прирост сухой массы — образуется 25—30% органического вещества. Высокие темпы роста вегетативной массы сохраняются до начала созревания, а в последующем увеличение сухой массы происходит за счет образования репродуктивных органов. Потребление питательных веществ хлопчатником связано с ходом накопления сухого вещества и протекает неравномерно. Как и другие растения, хлопчатник чувствителен к недостатку фосфора и азота в первый период роста, хотя размеры потребления этих элементов питания за время от всходов до бутонизации составляют лишь 8—10% их выноса с урожаем. Наибольшее количество питательных веществ поглощается хлопчатником в период от начала цветения до массового созревания.

Наибольшую роль в повышении урожая хлопчатника играют азотные и фосфорные удобрения, меньшее значение на богатых калием сероземах имеют калийные удобрения. Эффективность калийных удобрений повышается с ростом урожая хлопчатника на фоне высоких норм азота и фосфора, а также в севооборотах с люцерной.

Для получения урожайности хлопка-сырца 35—40 ц с 1 га рекомендуются следующие примерные нормы удобрений (табл. 37).

Таблица 37

Примерные нормы удобрений под хлопчатник на различных почвах,
кг питательных веществ на 1 га

Почвы	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Темные сероземы	140—165	110—120	40—45
Темно-луговые	120—145	120—130	60—80
Типичные сероземы	150—175	110—120	40—45
Светлые сероземы	160—185	110—120	40—45

В районах орошаемого земледелия на почвах с высокой нитрифицирующей способностью происходит интенсивная миграция азота. Во время поливов нитраты опускаются с водой в нижележащие горизонты почвы, а при подсыхании почвы в межполивные периоды поднимаются в верхние пересыхающие слои, что ограничивает использование азота растениями. В этих условиях происходят значительные потери азота удобрений из почвы в результате вымывания нитратов и в газообразной форме вследствие процессов денитрификации. Для снижения потерь и повышения эффективности азота удобрений важное значение имеют правильные сроки и способы внесения удобрений, соблюдение поливного режима, а также приемы, ограничивающие нитрификацию азота аммиачных удобрений и мочевины, в том числе использование ингибиторов нитрификации.

Все количество азотных удобрений (при норме до 100 кг N на 1 га) или большую их часть (при более высоких нормах) вносят под хлопчатник в подкормки при междурядных обработках в сочетании с поливами. До посева обычно вносят не более 1/3 общей нормы азота. Подкормку азотом проводят до фазы цветения, более позднее применение азота снижает зимний урожай хлопка-сырца. Число подкормок и разовые дозы удобрений устанавливают ис-

ходя из общей их нормы с учетом количества азота, внесенного до посева, и состояния растений.

Основное количество фосфорных удобрений (3/4 общей нормы) под хлопчатник необходимо заделывать под вспашку. Глубина заделки имеет большое значение для эффективности фосфорных удобрений. В сероземах и луговых почвах фосфор интенсивно химически связывается с образованием труднорастворимых фосфатов кальция и малоподвижен. Корневая система хлопчатника уже в первые две недели после всходов проникает на глубину 40—50 см, а в период наибольшего потребления фосфора - от цветения до плодообразования - боковые корни в верхнем пересыхающем 10-сантиметровом слое отмирают и основная масса деятельных корней размещается в глубоких слоях почвы. Эффективность основного фосфорного удобрения на урожай хлопчатника можно значительно увеличить локальным внесением лентами на дно борозды при вспашке. Важное значение при возделывании хлопчатника имеет рядковое удобрение. Применение небольших доз фосфора (10 - 20 кг P_2O_5 на 1 га) совместно с азотом (5 - 10 кг на 1 га) при посеве повышает урожайность хлопчатника на 2 - 3 ц на 1 га.

Калийные удобрения применяют при ограниченных дозах в подкормки вместе с азотными и фосфорными удобрениями в период 5 - 6 листьев, бутонизации и начале цветения, а при больших нормах половину калия вносят под вспашку. При внесении удобрений в подкормку необходима возможно более глубокая их заделка во время междурядной обработки.

В хлопково-люцерновых севооборотах (2 - 3 года люцерна и 5 - 7 полей хлопчатника) в первые годы после распашки травяного пласта под хлопчатник применяют повышенные нормы фосфорных удобрений и калия. Так как люцерна способна накапливать в почве значительное количество азота, нормы его снижаются при выращивании хлопчатника по пласту и обороту пласта. По мере удаления хлопчатника от люцерны в севообороте нормы азотных удобрений возрастают, а фосфора и калия — несколько уменьшаются. Навоз (накопление его в хлопкосеющих районах ограничено) применяется в норме 10 - 15 т на 1 га обычно на четвертый-пятый год после распашки пласта люцерны.

Лен-долгунец на формирование 1 т волокна выносит из почвы, кг: N - примерно 80, P_2O_5 - 40, K_2O - 70. При разработке системы удобрения учитывают следующие особенности льна: короткий период потребления питательных веществ, слабо развитая корневая система с невысокой усвояющей способностью, чувствительность растений как к избытку, так и к недостатку в почве макро- и микроэлементов.

Достаточная обеспеченность азотом способствует росту растений, повышению урожая длинного волокна. Однако избыток этого элемента вызывает полегание посевов, удлиняет вегетационный период. Недостаток азота особенно ощутим в фазе елочки. Обеспеченность фосфором особенно важна в период всходы - фаза елочки. Фосфор способствует развитию корневой системы, ускорению созревания, повышению урожаев семян и волокна.

Фосфорные и калийные удобрения обычно вносят осенью под основную обработку, азотные - весной. При недостатке в почве микроэлементов, особен-

но бора, их вносят вместе с минеральными удобрениями. Минеральные удобрения под лен вносят равномерно в соотношении N:P:K, равном 1:2:2 (на бедных азотом почвах); 1:2:3 и 1:3:4 (азота до 60 кг/га, фосфора 30-150 и калия 30-180 кг/га). Если предшественником льна является клевер с урожайностью сена более 4 т/га за один укос, то азотные удобрения не применяют. Из микроудобрений вносят борсодержащие туки.

Дерново-подзолистые почвы зоны льноводства отличаются повышенной кислотностью, нуждаются в известковании. При избыточной кислотности задерживается развитие корневой системы льна, снижается усвояемость фосфора и других элементов питания, что приводит к нарушению белкового и углеводного обмена растений, усиливается поражение посевов грибными заболеваниями. В льняном севообороте известкуют в первую очередь поля с рН_{сол.} 4,5 и менее, в последнюю – с рН_{сол.} 5,1...5,5. В то же время лен относится к группе культур, которые отрицательно реагируют на повышенные нормы извести. Из-за нарушения соотношения в почве между кальцием и бором лен может поражаться бактериозом или испытывать физиологическое увядание. Место и время внесения извести в льняном севообороте имеют немаловажное значение для основной культуры – льна-долгунца. Известь вносят под покровную для трав культуру или в пару с учетом кислотности почвы.

В севообороте со льном органические удобрения рекомендуется вносить не реже 2...3 раза за ротацию. Навоз или торфонавозный компост непосредственно под лен не вносят, чтобы не вызвать полегания растений, пестроты и засоренности посевов.

Под коноплю на оподзоленных среднеокультуренных, серых лесных почвах вносят навоз (30...60 т/га) и минеральные удобрения в зависимости от уровня плодородия почвы. На серых лесных почвах вносят N₁₂₀P₉₀K₉₀, на выщелочных черноземах - N₉₀P₉₀K₉₀. В южной зоне коноплесения применяют на 1 га 20 т навоза и по 45-60 кг азота, фосфора и калия. На торфянистых почвах рекомендуется вносить медьсодержащие микроудобрения. Повышение доз удобрений до N₁₅₀P₁₂₀K₁₂₀ не обеспечивает увеличение урожайности волокна. На почвах с кислой реакцией проводят известкование.

Удобрение силосных культур

При разработке системы удобрений силосных культур необходимо предусмотреть следующие основные звенья:

- внесение органических удобрений 40 - 50 т/га навоза или компостов, зеленого удобрения 15 - 18 т/га (после рано убираемых предшественников следует высеять промежуточную культуру – рапс, горчицу, редьку или озимую рожь) и измельченную солому зерновых культур (5 - 6 т/га). Органические удобрения вносятся под основную обработку почвы;

- известкование кислых почв под силосных культур является обязательным агротехническим приемом – нормы извести рассчитываются по полной гидролитической кислотности;

- минеральные удобрения вносятся под предпосевную обработку почвы в расчетных нормах с учетом затрат их на 1 т зеленой массы (табл. 38) с коррек-

тировкой норм по действию органических удобрений и обеспеченности почв подвижным фосфором и обменным калием.

Таблица 38

Затраты минеральных удобрений на 1 тонну зеленой массы кукурузы и сена однолетних трав, кг д.в.

Регионы	Кукуруза на силос						Однолетние травы на сено (пересчетом на зеленую массу)		
	без орошения			с орошением					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Северный							20	16	15
Северо-Западный	2,6	1,5	2,0	-	-	-	20	16	15
Центральный	2,8	1,4	2,9	-	-	-	10	17	16
Волго-Вятский	3,3	2,6	2,7	-	-	-	25	16	16
Центрально-Черноземный	2,7	2,6	2,4	3,0	1,9	2,8	17	15	12
Северо-Кавказский	2,6	2,3	2,4	3,5	2,7	1,7	24	20	16
Средне-Волжский	2,3	2,2	1,5	-	-	-	11	17	9
Нижне-Волжский	2,3	2,2	1,5	2,6	1,9	1,0	11	17	9
Уральский	3,3	2,2	2,0	-	-	-	27	12	10
Западно-Сибирский	2,8	2,2	2,2	2,7	1,8	2,4	17	13	13
Восточно-Сибирский	4,2	2,5	2,9	3,7	2,9	2,2	25	15	15
Дальневосточный	3,7	2,6	2,2	-	-	-	22	17	15

• в системе удобрений следует предусмотреть использование для обработки семян микроэлементов – бора, меди, марганца, молибдена и цинка.

Удобрение однолетних бобовых трав

Однолетние бобовые травы достаточно требовательны к условиям питания. Система удобрений должна способствовать формированию здоровых растений с высокой продуктивностью и семян с хорошими качественными показателями.

Под однолетние бобовые травы является целесообразным и эффективным использование зеленых удобрений с промежуточных посевов и соломы после зерновых культур. При использовании соломы на удобрение для ускорения ее разложения вносят компенсирующие дозы азота из расчета 7-10 кг на 1 т. Возделывание промежуточных культур на зеленое удобрение и применение соломы кроме положительного воздействия на питательный, воздушный и водный режимы почвы имеет большое экологическое значение, т.к. уменьшаются потери элементов питания из пахотного слоя путем вымывания.

Однолетние бобовые травы в связи с их способностью к фиксации азота из воздуха способны на 75-80% удовлетворять свои потребности в этом элементе за счет деятельности клубеньковых бактерий. Поэтому азотные удобрения, как это принято, под них вносить не следует. Однако к этому следует подходить дифференцировано с учетом способности к азотофиксации культур и почвенно-климатических условий региона. В условиях медленного прогревания почвы весной и связанного с этим недостатка азота в усвояемой форме под ряд культур следует применять «стартовые» дозы азотных удобрений – 30-45 кг/га. Целесообразность использования азота в относительно невысоких нормах вырастает при посеве в смеси с мятликовыми компонентами.

Для удовлетворения потребности однолетних бобовых трав в фосфоре и калии необходим высокий уровень обеспеченности этими элементами питания.

Фосфорно-калийные удобрения (суперфосфат, хлористый калий, калийная соль, калимагнезия) вносятся под предпосевную обработку почвы. Наиболее эффективный способ их применения – локальный (рядками или лентами). При недостатке фосфорных туков гранулированный суперфосфат применяется в рядки при посеве в дозах 15-20 кг/га д.в. Высокоэффективным комплексным удобрением под однолетние бобовые травы является диаммофоска с соотношением $N:P_2O_5:K_2O - 1:3:3$.

Известкование кислых почв под однолетние бобовые травы обязательно и нормы извести устанавливаются по гидролитической кислотности или по механическому составу почв и величине рН. Известь вносится в севообороте под предшественники или непосредственно под однолетнюю бобовую траву.

Удобрение многолетних сеяных трав

В полевых и прифермских (кормовых) севооборотах Нечерноземной зоны, а также в увлажненных районах Черноземной зоны распространены посевы клевера красного (одного или совместно с тимофеевкой), что позволяет получать высокопитательный белковый корм для животных и способствует повышению плодородия почвы в результате накопления азота в пожнивных и корневых остатках клевера.

На кислых почвах при выращивании клевера и клевера с тимофеевкой необходимо известкование. При внесении извести повышается урожай трав и возрастает доля клевера в травостое.

На кислых почвах клевер угнетается и выпадает, в травостое начинают преобладать тимофеевка и разнотравье, при этом урожай и качество кормов снижаются, падает накопление азота за счет азотфиксации.

Удобрение многолетних трав в севообороте начинается с удобрения покровной культуры. Внесение навоза под покровную озимую культуру на дерново-подзолистых почвах и на черноземах обеспечивает увеличение продуктивности всего звена севооборота - повышается урожай зерна, трав и возделываемой по пласту культуры. Под яровые покровные культуры предусматривается внесение до посева повышенных норм фосфорно-калийных удобрений. Заделанные под вспашку фосфорно-калийные удобрения служат хорошим источником элементов питания для клевера после уборки покровной культуры и в последующий период. Если под покровную культуру не было возможности применять удобрения, то их можно вносить в подкормку после уборки покровной культуры или рано весной по травам первого года пользования. Эффективность фосфора и калия при поверхностном внесении в подкормку ниже, чем при глубокой заделке в почву перед посевом покровной культуры, особенно в условиях недостаточной влагообеспеченности.

Урожай сена и семян клевера можно значительно повысить внесением борных и молибденовых удобрений. На малоплодородных дерново-подзолистых почвах целесообразна подкормка травостоя с преобладанием тимофеевки небольшими дозами азотных удобрений в периоды быстрого отрас-

тания трав. Внесение азотных удобрений в повышенных количествах благоприятно сказывается на росте и развитии тимофеевки и разнотравья, однако при этом в составе травостоя уменьшается доля клевера, снижаются размеры накопления им азота из атмосферы.

Удобрение сенокосов и пастбищ

Многолетние травы сенокосов и пастбищ хорошо отзываются на внесение минеральных удобрений, особенно азотных. На бедных почвах обязательно внесение жидких органических удобрений. Хорошо отзываются на микроудобрения и известкование почв. Наиболее интенсивно питательные вещества используются в фазу колошения. Норма минеральных удобрений и система их внесения определяется составом травосмеси, содержанием питательных веществ в почве, условиями увлажнения и величиной урожая.

При внесении жидких органических удобрений создаются благоприятные условия для деятельности микроорганизмов, так как легкие почвы становятся связными, глинистые – рыхлыми, хорошо проницаемыми для воды и воздуха, а главное возрастает морозостойчивость трав и повышается их продуктивность.

Расчетные нормы минеральных удобрений вносят с учетом выноса NPK урожаями. Азотные удобрения в определенных пределах 60-90 кг/га д.в. вносят под травосмеси, а под злаковые травы – до 180 кг/га азота. Азотные удобрения вносят дробно: весной и под каждый укос равными дозами.

Фосфор (60-90 кг/га) можно вносить как полной дозой весной, так и дробно. Возможно использование фосфоритной муки.

Калийные удобрения в дозе 120 кг/га лучше применять в 2 приема (весной и осенью), более 120 кг/га – в 3 приема.

Микроудобрения вносят при их необходимости с учетом типа почв. На низинных лугах – В, на кислых торфянистых почвах – Си, на излишне известкованных – Мп, на супесчаных и песчаных – Zn. Микроудобрения эффективны, как правило, при удовлетворении растений азотом, фосфором и калием. Главная цель известкования лугов и пастбищ - регулирование реакции почвы в интересах растений, создание благоприятных условий для жизнедеятельности микроорганизмов.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте понятие о системе удобрения в зависимости от уровня интенсивности технологий.
2. Расскажите о сочетании применения органических и минеральных удобрений.
3. Как организуется построение системы удобрения в севооборотах?
4. Опишите рекомендуемые варианты применения удобрений в севооборотах с картофелем.
5. Перечислите систему удобрения для озимых и яровых зерновых культур.
6. Назовите удобрения для яровых зерновых культур.
7. Как строится система удобрения для пропашных культур?
8. Назовите систему удобрения для основных технических культур.
9. Перечислите удобрения лугов и пастбищ.

Глоссарий

Агрохимическая карта - специальная карта природы, на которой показана степень обеспеченности почв доступными для растений формами азота, фосфора, калия, а также др. показатели плодородия почв (реакция среды, содержание гумуса, состав обменных оснований, величина гидролитической кислотности и др.).

Агрохимическая характеристика почв - совокупность агрохимических показателей, определяющих плодородие почвы.

Агрохимическое картирование почв – составление агрохимических карт на основе полевых, лабораторных и камеральных работ.

Азот аммонийный – азот, находящийся в аммонийной форме.

Азот биологический – азот, поступающий в почву и растение в результате фиксации азота микроорганизмами.

Азот валовой (общий) – сумма органического и минерального азота.

Азот гидролизуемый – органические соединения азота, переходящие в раствор при обработке почвы слабыми растворами кислот и щелочей.

Азот гуминов – азот, входящий в состав негидролизуемых остатков гумусовых соединений.

Азот минеральный – сумма нитритного, нитратного и аммонийного азота почвы.

Азот негидролизуемый – органические соединения азота почвы, которые не гидролизуются при обработке ее концентрированными растворами минеральных кислот или щелочей.

Азот нитратный – азот, находящийся в формате нитратов.

Азот нитритный – азот, находящийся в форме нитритов.

Азот органический – органические соединения азота, входящие в состав гумуса и других органических компонентов почвы.

Азотонакопители – растения, способные использовать атмосферный азот и обогащать им почву.

Азотное удобрение – удобрение, содержащее азот в усвояемой форме.

Калий почвы валовой – общее содержание калия в почве.

Калий почвы водорастворимый – калий, способный переходить из твердой фазы почвы в водную вытяжку.

Калий почвы необменный – калий, включающий природный необменный калий, который прочно связан с кристаллической решёткой минералов и переходит в доступные для питания растений формы только в процессе выветривания и антропогенного воздействия на почву, и необменно-фиксированный калий удобрений, который более доступен для питания растений.

Калийное удобрение – удобрение, содержащее калий в усвояемой растениями форме.

Удобрение – вещество, используемое для питания растений и воспроизводства плодородия.

Удобрение азотное - минеральное удобрение, действующем веществом в

котором является азот.

Удобрение амидное - минеральное удобрение, действующем веществом в котором является азот в амидной форме.

Удобрение аммонийное - минеральное удобрение, действующем веществом в котором является азот в аммонийной форме.

Удобрение аммонийно-нитратное - минеральное удобрение, действующем веществом в котором является азот в аммонийной и нитратной форме.

Удобрение борное - минеральное удобрение, действующем веществом в котором является бор.

Удобрение в запас – разовое внесение удобрения для обеспечения культур севооборота питательными элементами на несколько лет.

Удобрение гуминовое – удобрение, действующим веществом которого являются гуминовые кислоты.

Удобрение зеленое (сидераты) – вегетативная масса растений, выращиваемых для запахивания в почву.

Удобрение калийное – минеральное удобрение, действующем веществом в котором является калий.

Удобрение комплексное жидкое – минеральное удобрение в виде раствора или суспензии питательных элементов в соответствующем растворителе, содержащее не менее двух главных питательных элементов.

Удобрение комплексное смешанное – минеральное удобрение, полученное в результате механического смешения двух или более видов удобрений.

Удобрение минеральное – удобрение промышленного или ископаемого происхождения, содержащее питательные элементы в минеральной форме.

Удобрение фосфорное – минеральное удобрение, действующем веществом в котором фосфор.

Физиологически кислое удобрение – удобрение, при внесении которого подкисляется почва из-за преимущественного использования растениями катионов.

Фосфор почвы валовой – общее содержание фосфора в почве.

Фосфор почвы минеральный – часть фосфора, представленная минеральными соединениями.

Фосфор почвы органический – фосфорсодержащие органические соединения, являющиеся резервом для пополнения запасов доступных растениям фосфатов почвы.

Фосфоритование почвы – внесение фосфоритной муки для увеличения запасов подвижных фосфатов в почве.

Фракция бесподстилочного навоза жидкая – текучая масса, полученная при разделении бесподстилочного навоза на фракции.

Фракция бесподстилочного навоза твердая – не текучая масса, полученная при разделении бесподстилочного навоза на фракции.

Список литературы

1. Ефимов В.Н., Донских И.Н., Царенко В.П. Система применения удобрений. - М., Колос, 2002 - 320 с.
2. Мальцев В.Ф., Ториков В.Е., Белоус Н.М., Словарь агрономических терминов – Брянск, 2006 – 336 с.
3. Минеев В.Г. Экологические проблемы агрохимии. – М., 1988 – 283 с.
4. Минеев В.Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения /В.Г. Минеев, Б. Дебрецени, Т. Мазур. -М.: Колос, 1993.- 415 с.
5. Мурашин Э.А, Агрохимия. - М., Колос, 2004 - 383 с.
6. Попов П.Д., Органические удобрения: Справочник /, В.И. Хохлов, А.А. Егоров и др. - М.: Агропромиздат , 1988.- 207 с.
7. Ягодин Б.А, Агрохимия. - М.: «Агропромиздат», 1989.
8. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрохимия. - М.: «Мир», 2004.
9. Ториков, В.Е. Природные ресурсы и окружающая среда субъектов Российской Федерации. Центральный Федеральный округ. Брянская область: глава в монографии монография / В.Е. Ториков – Брянск, 2007 – 202с.
10. Белоус, Н.М. Отраслевые регламенты. Крупяные культуры: биология и технология возделывания / Белоус Н.М., Ториков В.Е., Мельникова О.В., Никифоров М.И., Юдин А.С/ Брянск: Изд-во Брянской ГСХА. - 2010. - 73 с.
11. Белоус, Н.М. Отраслевые регламенты. Озимые зерновые культуры: биология и технология возделывания / Белоус Н.М., Ториков В.Е., Мельникова О.В., Шпилев Н.С., Малявко Г.П. и др. / Брянск: Изд-во Брянской ГСХА. - 2010. - 138 с.
12. Белоус, Н.М. Отраслевые регламенты. Зернобобовые культуры и однолетние бобовые травы: биология и технология возделывания / Белоус Н.М., Ториков В.Е., Мельникова О.В., Моисеенко И.Я./ Брянск: Изд-во Брянской ГСХА. - 2010. - 150 с.
13. Белоус, Н.М. Отраслевые регламенты. Многолетние бобовые и злаковые травы: биология и технология возделывания / Белоус Н.М., Ториков В.Е., Мельникова О.В., Моисеенко И.Я./ Брянск: Изд-во Брянской ГСХА. - 2010. - 149 с.
14. Белоус, Н.М. Отраслевые регламенты. Яровые зерновые хлеба: биология и технология возделывания / Белоус Н.М., Ториков В.Е., Мельникова О.В., Шпилев Н.С./ Брянск: Изд-во Брянской ГСХА. - 2010. - 124 с.
15. Белоус, Н. М. Справочник агрохимика / Н. М. Белоус, Г. П. Малявко, В. Ф. Шаповалов. – Брянск: Изд-во БГСХА, 2012. – 50 с
16. Белоус, Н. М. Воспроизводство плодородия и реабилитация радиоактивно загрязненных дерново-подзолистых песчаных почв юго-запада России: автореферат диссертации доктора с.-х. наук / Н. М. Белоус. – М., 2000. – 51 с.

Приложения

Масса 1 м³ и объем 1 т различных удобрений

Удобрение	Масса 1 м ³ т	Объем 1 т, м ³
Суперфосфат простой	1,1	0,9
Фосфоритная мука	1,7	0,6
Преципитат	0,8	1,2
Томасшлак	2,0	0,5
Термофосфат	1,7	0,6
Сульфат аммония	0,8	1,2
Аммиачная селитра	0,8	1,2
Натриевая селитра	1,1-1,4	
Сернокислый калий	1,3	0,8
Хлористый калий	0,95	1,1
Навоз коровий свежий	0,4—0,7	1,4
» коровий и конский перепревший	0,9—1,0	1,0
» полуразложившийся	0,7—0,8	—
Навозная жижа	1,0	1,0
Торф разложившийся, при 60% влаги	0,6	1,6
Зола древесная	0,4	2,5
Помет птичий	0,3	3,3
Известь молотая	1,7	0,6
Гипс	0,75	1,3

Затраты минеральных удобрений на 1 т прибавки урожая по нормативам, кг д. в.

Показатель	Экономический район					
	Северо-Западный			Центральный		
	N	P	K	N	p	к
Озимые зерновые	88	83	72	108	97	91
Яровые зерновые	84	87	64	84	82	77
Зернобобовые	88	150	75	81	146	73
Сахарная свекла	—	—	—	123	118	112
Лен-долгунец	231	346	346	185	315	315
Картофель	150	114	125	134	129	146
Овощи	77	45	55	71	38	68
Кормовые корнеплоды	56	28	36	44	16	66
Силосные	86	38	70	58	19	58
Однолетние травы на сено	26	47	27	16	32	40
Однолетние травы на зеленый корм	6,5	11,8	6,8	4	8	10
Многолетние травы па сено	26	47	27	16	32	40
Многолетние травы на зеленый корм	7,4	13,4	7,7	4,6	9,2	11,4
Культурные сенокосы	36,2	15,4	20,0	25,3	18,2	25,5
Культурные пастбища	10,3	4,4	5,7	7,2	5,2	7,3

Показатель	Экономический район					
	Центрально-Черноземный			Северо-Кавказский		
	Н	Р	К	Н	р	к
Озимые зерновые	113	102	68	91	91	55
Яровые зерновые	79	76	69	118	136	76
Кукуруза на зерно	103	95	67	103	95	67
Рис	—	—	—	53	36	—
Зернобобовые	47	114	47	38	110	31
Сахарная свекла	126	126	131	130	132	120
Подсолнечник	132	210	158	209	255	—
Конопля	288	260	346	235	235	118
Картофель	147	147	140	121	103	118
Овощи	141	125	122	141	125	122
Кормовые корнеплоды	75	113	150	71	50	58
Силосные	144	137	130	170	139	137
Однолетние травы на сено	22	32	32	21	31	21
Однолетние травы на зеленый корм	5,5	8	8	5,3	7,8	5,3
Многолетние травы на сено	22	32	32	21	31	21
Многолетние травы на зеленый корм	6,3	9,2	9,2	6,0	8,9	6,0
Культурные сенокосы	28,6	12,7	11,2	41,7	30,2	15,5
Культурные пастбища	8,2	3,6	3,2	11,9	8,6	4,4

Нормы расхода питательных веществ удобрения, необходимых сверх затрат на повышение урожая для увеличения содержания подвижных форм фосфора и калия на 1 мг на 100 г почвы

Тип почвы	P ₂ O ₅	K ₂ O
	кг д. в.	на 1 га
Дерново-подзолистые *:		
песчаные и супесчаные	50—60	40—60
суглинистые	70—90	60—80
глинистые и тяжелосуглинистые	100—120	80—100
Серые лесные *:		
песчаные и супесчаные	70—80	60—70
суглинистые	90—110	70—80
глинистые и тяжелосуглинистые	120—140	80—90
Черноземы оподзоленные, выщелоченные **:		
песчаные и супесчаные	80—90	80—90
суглинистые	90—100	80—90
глинистые и тяжелосуглинистые	100—120	80—90
Черноземы мощные, обыкновенные, типичные ***:		
песчаные и супесчаные	90—100	—
суглинистые	100—110	—
глинистые и тяжелосуглинистые	120—130	—
Черноземы приазовские *** (в среднем)	110—130	—
Каштановые (в среднем) ***	90—110	—

* при определении содержания подвижных форм фосфора и калия по Кирсанову; * * по Чирикову; по Мачигину.

Содержание основного вещества (д.в.) в минеральных удобрениях

Удобрения	Основное вещество	Содержание основного вещества, %
Аммиак водный	N	20,5
Аммиак жидкий синтетический	NH ₃	99,9
Аммофос гранулированный	N, P ₂ O ₅	1,1+49
Карбамид (мочевина)	N	46
Калий хлористый гранулированный	K ₂ O ₅	60
Калий хлористый негранулированный	K ₂ O ₅	60
Калийная соль	K ₂ O ₅	40
Мука фосфоритная (в зависим. от марки)	P ₂ O ₅	30,25,22,19,14
Нитрофос	N, P ₂ O ₅	24+14
Нитрофоска	N, P ₂ O ₅ , K ₂ O ₅	11 + 10+11
Нитроаммофоска	N, P ₂ O ₅ , K ₂ O ₅	16+16+18
Селитра аммиачная	N	34,5
Селитра кальциевая	N	17,5
Селитра натриевая	N	15,5
Сульфат аммония	N	20,8
Сульфат аммония гранулированный	N	20,8
Суперфосфат двойной гранулированный	P ₂ O ₅	45
Суперфосфат простой из апатит. конц.	P ₂ O ₅	20
Суперфосфат гранулированный из апатит, концентрированный	P ₂ O ₅	20
Шлак фосфатный для удобрений	P ₂ O ₅	10

Учебное издание

**Н.М. БЕЛОУС, В.Е. ТОРИКОВ,
О.В. МЕЛЬНИКОВА, Г.П. МАЛЯВКО, Д.Г. КРОТОВ**

АГРОНОМИЧЕСКАЯ ХИМИЯ



Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 01.12.2015 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 8,07. Тираж 550 экз. Изд. № 4032.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ