

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра воспроизводства и переработки лесных ресурсов

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ Е.И.Луковникова

« _____ » декабря 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

АГРОХИМИЯ

Б1.В.ДВ.09.02

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

35.03.10 Ландшафтная архитектура

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Садово-парковое и ландшафтное строительство

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ	4
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоёмкости	4
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам	5
4.3 Лабораторные работы.....	71
4.4 Практические занятия.....	71
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	71
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	72
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	73
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	73
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	74
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	74
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ	74
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	79
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	79
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	80
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины	84
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе	85

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологической виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Цель дисциплины

Дать представление о методах и способах применения удобрений с целью увеличения урожаев и повышения плодородия почв.

Задачи дисциплины

Изучение свойств, способов и технологий хранения, подготовки и внесения органических и минеральных удобрений.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-1	способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	знать: - основные методы и системы агрохимии уметь: – использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности; владеть: – информацией по содержанию объектов ландшафтной архитектуры.
ПК-3	готовность реализовывать технологии выращивания посадочного материала: декоративных деревьев и кустарников, цветочных культур, газонов в открытом и закрытом грунте	знать: – биологические особенности посадочного материала; уметь: – реализовывать технологии выращивания посадочного материала: декоративных деревьев и кустарников, цветочных культур, газонов в открытом и закрытом грунте; владеть: - современными технологиями выращивания декоративных растений.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.ДВ.09.02 Агрохимия относится к дисциплинам по выбору.

Дисциплина Агрохимия базируется на знаниях, полученных при изучении таких учебных дисциплин, как: почвоведение, декоративная дендрология.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, Агрохимия представляет основу для преддипломной практики и подготовки к государственной итоговой аттестации.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	4	8	144	36	12	-	24	72	-	Экзамен
Заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			8
1	2	3	4
I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	36	9	36
Лекции (Лк)	12	3	12
Практические занятия (ПЗ)	24	6	24
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)	72	-	72
Подготовка к практическим занятиям	36	-	36
Подготовка к экзамену в течение семестра	36	-	36
III. Промежуточная аттестация экзамен	36	-	36
Общая трудоемкость дисциплины час.	144	-	144
зач. ед.	4	-	4

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоятельная работа обучающихся*
			лекции	практические занятия	
1	2	3	4	5	6
1.	Предмет, объекты и методы агрохимии. Состав и питание растений	44	4	16	24
1.1.	Агрохимия, ее роль и значение для сельского хозяйства. Методы агрохимии. Производство удобрений, их применение в стране и за рубежом	14	2	-	12
1.2.	Понятие о питании растений. Воздушное и корневое питание растений. Химический состав растений. Органические и минеральные соединения, определяющие качество продукции	30	2	16	12
2.	Удобрения и их применение	64	8	8	48
2.1.	Понятие об удобрениях, их классификация. Способы и сроки внесения удобрений.	10	2	-	8
2.2.	Производство и применение минеральных удобрений. Основные физические, химические и механические свойства минеральных удобрений.	24	2	8	14
2.3.	Виды органических удобрений. Их состав, свойства и применение	16	2	-	14
2.4.	Действие удобрений на урожай и качество сельскохозяйственных культур. Удобрения – основной фактор повышения урожая. Возможные экологические проблемы применения удобрений	14	2	-	12
ИТОГО		108	12	24	72

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

Раздел 1. Предмет, объекты и методы агрохимии. Состав и питание растений

Тема 1.1. Агрохимия, ее роль и значение для сельского хозяйства. Методы агрохимии. Производство удобрений, их применение в стране и за рубежом

Агрохимия изучает круговорот питательных веществ в земледелии и питание растений, а также способы их регулирования для повышения урожая и улучшения его качества путем рационального и экологически безопасного применения удобрений.

Внесение минеральных удобрений позволяет вводить в круговорот веществ в земледелии новые количества элементов питания растений, а внесение навоза и других отходов животноводства и растениеводства — повторно использовать часть питательных веществ, уже входивших в состав предыдущих урожаев. Применение удобрений дает возможность восполнять вынос урожаем питательных веществ и непродуцированные потери их из почвы (вследствие ветровой и водной эрозии, выщелачивания, улетучивания в атмосферу и т.д.) и, таким образом, не только поддерживать, но и повышать плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур без ущерба для окружающей среды и здоровья людей.

Главная цель применения удобрений — повышение урожая и его качества за счет улучшения питания растений. Изучение питания сельскохозяйственных растений всегда было одной из важнейших задач агрохимии. Она исследует также обмен веществ в растениях в связи с условиями питания, которые определяют не только величину, но и качество урожая. Изучение этих вопросов связывает агрохимию с физиологией и биохимией растений. В задачу агрохимии входят, кроме того, изучение и разработка наиболее эффективных приемов оптимизации питания и обмена веществ в растениях с помощью удобрений.

Первый объект исследования в агрохимии — *растение*. При изучении питания растений и разработке способов его регулирования с помощью удобрений необходимо учитывать также особенности биологии и технологии возделывания отдельных культур. Здесь прослеживается связь агрохимии с растениеводством.

Второй объект исследования агрохимии — *почва*. Изучение содержания и динамики питательных веществ в почве, их доступности растениям, разнообразных процессов превращений удобрений, их действия на свойства и плодородия почвы — важный раздел агрохимии. По этому направлению агрохимия связана с почвоведением и почвенной микробиологией, земледелием.

И наконец, третий объект агрохимии — *удобрения и средства химической мелиорации почв*; изучая их состав, свойства и эффективность, агрохимия связана не только с сельскохозяйственным производством, но и с химической промышленностью, ибо обоснование потребности сельского хозяйства в минеральных удобрениях и оптимального их ассортимента, а также оценка новых видов и форм выпускаемых удобрений входят в задачу агрохимии.

Три основных объекта, изучаемые агрохимией, — растение, почва и удобрения — находятся в тесной взаимосвязи и взаимодействии.

Д. Н. Прянишников отмечал, что изучение взаимоотношений между растением, почвой и удобрением всегда было главной задачей агрохимиков, причем только агрохимия в целях регулирования питания растений внесением соответствующих удобрений для повышения плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур занимается синтезом знаний по трем перечисленным объектам. В этом состоит ее отличие от других смежных наук. Диалектическую систему связей, которые изучает агрохимия, Д. Н. Прянишников изобразил в виде треугольника, три вершины которого обозначают растение, почву и удобрение, а двойные стрелки — взаимное влияние каждого из этих объектов на остальные.

Изучение питания растений и взаимодействия между растением почвой и удобрением составляет теоретические основы агрохимии. Знание их позволяет творчески решать многие практические задачи применения удобрений. Это вопросы о наиболее эффективных формах, дозах и соотношениях удобрений, рациональных сроках и способах их внесения под различные культуры на разных почвах, о правильном сочетании внесения удобрений с системой обработки почвы, севооборотом, орошением и другими агротехническими приемами.

Агрохимия тесно связана с общим земледелием и мелиорацией, с экономикой и организацией сельскохозяйственного производства, так как любые приемы использования удобрений обусловлены агротехникой и должны оцениваться с точки зрения их экономической эффективности. Применение удобрений и химических мелиорантов почвы должно быть экологически безопасным и, более того, являться важным элементом природоохранных мероприятий против загрязнения тяжелыми металлами и радионуклидами.

Агрохимия тесно взаимодействует с агроэкологией в достижении общих целей — обеспечении устойчивого производства качественной сельскохозяйственной продукции, рационального использования природного биоэнергетического потенциала агроэкосистем, сохранения и воспроизводства основного природного ресурса аграрного сектора — почвенного плодородия, исключения или минимизации негативного воздействия на окружающую среду. С этих позиций агроном с высоким уровнем агрохимической подготовки является важнейшим участником решения всего комплекса экологических проблем, возникающих при использовании органических, минеральных удобрений и химических мелиорантов почв, других средств химизации сельского хозяйства.

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

Биологические методы. Включают полевой опыт, вегетационный и лизиметрический методы.

Полевой опыт. Это метод исследования, проводимого в природной (полевой) обстановке на специально выделенном участке для определения воздействия условий или приемов возделывания (отдельно взятых или в сочетании) на урожай сельскохозяйственных растений. В полевых опытах с удобрениями определяют действие удобрения на величину урожая и его качество, а также на плодородие почвы. Полевой опыт — основной метод изучения эффективности удобрений (отдельных их видов и сочетаний, форм, доз и т. д.) в различных почвенно-климатических условиях в зависимости от агротехнических и других факторов.

Стационарные опыты проводят на специально приспособленных постоянных участках. Эти опыты, как правило, сопровождаются дополнительными наблюдениями и лабораторными исследованиями для объяснения выявленных различий в действии удобрений и других факторов. В стационарных опытах изучают систематическое внесение удобрений в севообороте в течение ряда лет. Чаще всего такие опыты бывают многолетними. Результаты стационарных опытов служат надежной основой для разработки рекомендаций по применению удобрений в зоне их проведения.

Производственные опыты, закладываемые непосредственно в хозяйствах, позволяют установить действие удобрений на урожай и его качество в производственных условиях. Они служат для проверки и уточнения результатов, полученных в стационарных опытах, применительно к конкретным условиям хозяйства и используются для определения не только агрономической, но и экономической эффективности удобрений. Такие опыты в широких масштабах проводят агрохимические центры и станции химизации в хозяйствах, имеющих типичные в пределах зоны обслуживания природные и организационно-экономические условия.

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

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

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

Агрохимический анализ растений проводят в целях:

оценки качества урожая сельскохозяйственных культур, сертификации продукции растениеводства и кормов;

оценки изменений химического состава, питательной, кормовой и технологической ценности растениеводческой продукции в зависимости от условий выращивания, в том числе применения удобрений;

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

диагностики питания растений и определения потребности в удобрениях;

изучения использования культурами питательных элементов из удобрений.

Агрохимический анализ почв позволяет:

оценить обеспеченность растений элементами питания и, следовательно, потребность в удобрениях;

осуществить мониторинг плодородия и сертификацию почв земельных участков и грунтов;

изучить свойства почв, которые определяют принципиальные положения применения удобрений и проведения химической мелиорации, такие, как поглотительная способность, реакция почвенной среды и буферность (т. е. способность противостоять изменению реакции), засоленность и т. д.;

выявлять изменения содержания питательных веществ в почве и их доступности растениям в зависимости от приемов возделывания и применения удобрений;

изучать взаимодействие удобрений с почвой.

Агрохимический анализ удобрений дает возможность:

оценить качество местных органических удобрений и его изменение в зависимости от условий накопления, хранения и применения;

определить содержание действующего вещества в минеральных удобрениях и мелиорирующих материалах для проверки их соответствия установленным стандартам и требованиям;

установить агроэкологическую безопасность органических Удобрений, производить сертификацию минеральных удобрений;

определить доступность питательных веществ из удобрений и изучить процессы их превращения в почве.

Агрохимический анализ растений, почв и удобрений позволяет изучить баланс питательных веществ в земледелии и дать научное обоснование регулированию питания сельскохозяйственных культур с помощью удобрений.

В агрохимических исследованиях широко используют математические методы для оценки точности опытов и достоверности

полученных результатов, выявления зависимости между удобрениями и урожаем, моделирования процессов поглощения растениями, превращения в почве и потерь питательных веществ из почвы и удобрений, прогнозирования изменений почвенного плодородия и потребности в удобрениях, для энергетической и экономической оценки применения удобрений с использованием современной вычислительной техники.

На основе результатов полевых и производственных опытов с обязательной агроэкологической и экономической оценкой изучаемых удобрений и приемов их внесения даются практические рекомендации производству, которые позволяют эффективно использовать разнообразные местные и промышленные удобрения.

Агрохимия — научная основа интенсификации земледелия с помощью удобрений, которая наряду с комплексной механизацией и мелиорацией земель определяет научно-технический прогресс в сельском хозяйстве, служит одним из основных путей повышения плодородия почвы и продуктивности культур.

Производство удобрений, их применение в стране и за рубежом

Важное значение удобрений в повышении плодородия почв и урожаев сельскохозяйственных культур доказано практикой земледелия. Длительное время единственным удобрением, по существу, был навоз. Использование минеральных удобрений началось только во второй половине XIX в. Однако и сейчас, когда мировое производство их достигло огромных масштабов — около 150 млн. т питательных веществ (в сумме N, P и K), навоз остается важнейшим удобрением. Навоз содержит все необходимые растениям питательные элементы, и его внесение в почву повышает урожайность сельскохозяйственных культур. Он оказывает также многофакторное положительное влияние на агрохимические, агрофизические свойства и плодородие почв. Применение навоза обеспечивает повторное использование в хозяйстве значительного количества ранее усвоенных растениями питательных веществ из почвы и удобрений.

Д. Н. Прянишников отмечал, что небрежное отношение к навозу в то же время является и небрежным отношением к промышленным минеральным удобрениям. Систематическое применение навоза и других органических удобрений способствует окультуриванию почвы и создает предпосылки для более эффективного использования других средств химизации, в том числе минеральных удобрений. Однако за счет применения одних органических удобрений обеспечивается лишь частичная компенсация выноса из почвы питательных веществ с урожаями сельскохозяйственных культур. Только при концентрации органических удобрений на ограниченных площадях (как на огородных участках и при мелкотоварном «биологическом» земледелии) можно поддерживать бездефицитный баланс питательных веществ в агроцезонах при относительно низкой продуктивности посевов.

Вся история развития мирового сельского хозяйства свидетельствует о том, что применение минеральных удобрений является решающим фактором интенсификации земледелия и обеспечения продовольствием постоянно растущего населения нашей планеты. Число землян возрастает ежедневно на 250 тыс. человек. Это равноценно появлению в течение года новой страны с населением почти 100 млн. которое необходимо накормить. После 1970 г. для увеличения численности землян на 1 млрд. требовалось одно десятилетие, и к 2020 г. по имеющимся прогнозам, население Земли возрастет до 8,3 млрд. человек.

В странах Западной Европы до конца XVIII в. урожай пшеницы составил 0,7—0,8 т/га и увеличился за последующее столетие за счет введения плодосмена и клеверосеяния вдвое — до 1,6—1,7 т/га. В первой половине XX в. урожайность поднялась до 2,5—3,0 т/га прежде всего благодаря росту применения удобрений, а во второй половине века — до 4,0—6,0 т/га благодаря использованию новых сортов и комплекса средств химизации — удобрений и пестицидов. Возросла также продуктивность других продовольственных и технических культур: картофеля — до 40—45 т/га, сахарной свеклы - 50-60 т/га.

Средний уровень применения удобрений в расчете на 1 га пашни в странах Европейского союза (ЕС) составляет 350—360 кг д. в. при уборочной площади около 70 млн. га (с колебаниями от 160 кг в

Италии до более 400 кг в ФРГ). В странах Северной Европы дозы минеральных удобрений на 1 га посевной площади составляют 100—200 кг при урожайности зерновых 4,5—5,0 т/га.

Япония использует около 400 кг/га д. в. удобрений, а урожайность зерновых, прежде всего риса, превышает 5 т/га.

В США, имеющих близкую с Россией площадь пашни (135 млн га), применение минеральных удобрений достигло 150 кг/га, а урожайность зерновых, включая кукурузу, превысил 5 т/га (средний урожай зерна кукурузы на площади около 30 млн га превысил 8 т/га). В Канаде, где пары составляют 1/3 площади пашни, обеспеченность минеральными удобрениями на 1 га пашни и 1 га посевной площади составляет соответственно около 70 и 110 кг д. в. при урожае зерна кукурузы около 7 т/га и пшеницы 2,54 т/га.

В середине XX в. в развивающихся странах произошла «зеленая революция», обеспечившая резкий рост производства сельскохозяйственной продукции за счет возделывания новых сортов интенсивного типа и создания необходимых условий для реализации их высокой продуктивности. Решающую роль сыграли ирригация и улучшение агротехники, включающее значительное увеличение доз удобрений.

В развивающихся странах Азии применение удобрений с 60-х годов до конца XX в. увеличилось почти в 15 раз и составило 140—160 кг/га, за это время валовые сборы зерна возросли с 310 до 980 млн. т, т. е. утроились. В Китае уровень применения удобрений повысился до 270 кг/га при увеличении урожайности зерновых свыше 4 т/га. Урожай пшеницы в Индии достиг уровня США, Канады и среднемирового уровня (2,5 т/га). Мексика и Египет по урожаям зерна пшеницы достигли уровня ЕС.

Мировое потребление минеральных удобрений перед Второй мировой войной составляло около 7,5 млн. т. С 1960 по 1990 г. оно увеличилось с 27 до 146 млн. т, или в 5,4 раза. Однако в среднем на 1 га пашни и на 1 га сельскохозяйственных угодий в 1990 г. приходилось небольшое их количество — соответственно около 100 и 35 кг NPK. Больше всего производят и применяют азотных удобрений — столько же, сколько в сумме фосфорных и калийных.

За последнее десятилетие масштабы применения минеральных удобрений в развитых странах мира стабилизировались и имеют тенденцию к снижению, а в развивающихся странах продолжают нарастать со средним темпом прироста около 5 % в год.

До 2020 г. прогнозируют дальнейший рост производства и применения минеральных удобрений до 208 млн. т. При этом потребность для производства необходимых количеств растениеводческой продукции с учетом увеличения народонаселения оценивается в более чем 260 млн. т. В развивающихся странах применение минеральных удобрений в 2020 г. превысит 120 млн. т, что составит около 60 % мирового потребления.

Отец «зеленой революции» лауреат Нобелевской премии и иностранный член РАСХН Норман Борлауг считает, что не менее 50 % увеличения урожаев в XX в. является следствием применения удобрений. Он отмечал, что одним из наиболее важных факторов, ограничивающих урожай сельскохозяйственных культур в мире, и в следующем столетии будет плодородие почвы.

В бывш. СССР темпы развития химической промышленности по производству минеральных удобрений значительно опережали мировые. В 1940 г. было произведено всего 0,75 млн. т (10 % мирового производства). За период с 1960 по 1990 г. выпуск удобрений увеличился с 3,3 до 35 млн. т, или более чем в 10 раз, и составил 24 % мирового производства. Уже в начале 70-х годов Россия вышла на первое место в мире по валовому производству удобрений и третье место (после США и Канады) по их экспорту. Отечественному сельскому хозяйству поставлялось 3/4 произведенных удобрений, что составило в 1990 г. на 1 га пашни 96 кг д. в. и соответствовало среднемировому уровню.

В начальный период химизации земледелия страны при небольших объемах производства минеральных удобрений их прежде всего поставляли в регионы с относительно благоприятными природно-климатическими условиями или производящие особо ценные сельскохозяйственные культуры. За счет минеральных удобрений в короткий срок резко повысилась урожайность чая, хлопчатника, сахарной свеклы. Увеличение поставок и применения удобрений под ведущие технические, овощные и бахчевые культуры с 1966 по 1985 г. повысило среднегодовое валовое производство хлопчатника почти в 2 раза, сахарной свеклы — в 1,6, картофеля и овощей — 1,5—1,8 раза. Уровень применения минеральных удобрений под хлопчатник и сахарную свеклу достиг более 400—450 кг д. в. на 1 га, картофель, овощные и бахчевые культуры — свыше 250, а под лен — свыше 200 кг.

Для получения планируемых урожаев полностью обеспечивались удобрениями посевы на мелиорированных землях с регулируемым водным режимом, так как в этих условиях удобрения дают высокую эффективность и, кроме того, необходимо быстрее окупать значительные капитальные вложения на мелиорацию. Больше удобрений применялось в районах достаточного увлажнения, где обеспечивалось стабильное производство сельскохозяйственной продукции и высокая окупаемость затрат на удобрения.

С ростом производства минеральных удобрений появилась возможность использовать их на больших площадях и в более высоких дозах не только под технические, но и под зерновые и кормовые культуры.

Применение удобрений имело огромное значение в решении важнейшей народнохозяйственной задачи — увеличении производства зерна, особенно сильной и ценной пшеницы, а также в создании прочной кормовой базы для развития животноводства.

В 1986—1990 гг. в России минеральные удобрения применяли на 2/3 посевов сельскохозяйственных культур при средней обеспеченности на 1 га пашни 99 кг д. в., что в сочетании с применением навоза и других органических удобрений обеспечило положительный баланс питательных веществ, в земледелии.

Применение минеральных удобрений в бывш. СССР и России осуществлялось высокими темпами, оно так и не вышло на уровень развитых стран Западной Европы, а ныне отстало от большинства развивающихся государств. Обеспеченность удобрениями на 1 га пашни даже в лучшие годы не превысила среднемировой уровень и сильно различалась как по культурам, так и по регионам страны. Резкое уменьшение (в 10 раз) масштабов потребления удобрений сельскохозяйственными производителями России в 90-е годы поставило земледелие страны на грань катастрофы. Совершенно очевидно, что предстоит вновь, используя мировой и отечественный опыт, решать проблему интенсификации сельскохозяйственного производства, важнейшим фактором которой является применение удобрений. Приведем еще одно яркое высказывание американского ученого Нормана Борлоуга: «... мир на земле не может быть построен на пустой желудок. Ограничьте доступ фермерам к современным факторам интенсификации земледелия — новым сортам, удобрениям и средствам защиты растений — и мир будет обречен, но не отравлением, как некоторые говорят, но голодом и социальным хаосом».

Россия, располагая 13 % земельной площади, 35 % мировых запасов природных ресурсов, с населением, составляющим ныне 3 % (а к 2020 г. не более 2 %) населения земного шара, не может отставать от мирового развития общества и производства, тем более сельскохозяйственного, в первую очередь определяющего благосостояние людей.

Исходя из реально складывающихся возможностей страны и в соответствии с основными направлениями аграрной политики Правительства Российской Федерации, разработана и утверждена 8 ноября 2001 г. Федеральная целевая программа «Повышение плодородия почв России на 2002—2005 гг.». Целями программы являются обеспечение сохранения и воспроизводства плодородия почв, рациональное использование природных ресурсов, в том числе сельскохозяйственных угодий, и создание на этой основе условий роста производства сельскохозяйственной продукции для укрепления продовольственной безопасности страны.

Программа предусматривает оказание государственной поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей при проведении единой технологической политики по созданию необходимых условий для интенсификации земли — основного средства сельскохозяйственного производства. В качестве первоочередных мер для преодоления спада производства в сельском хозяйстве намечается проведение комплекса агрохимических мероприятий, определены конкретные сроки и механизмы их реализации, объемы и источники финансирования.

Наряду с максимальным использованием имеющихся ресурсов органических удобрений и сидератов, других средств биологизации земледелия, предусматривается постепенный рост применения минеральных удобрений до 5 млн. т в действующем веществе в год, а общий объем их использования в сельском хозяйстве предполагается увеличить до 14,7 млн. т д. в. За этот же период намечается провести известкование 8 млн. га кислых почв (для чего потребуется 42,6 млн т известковых удобрений в расчете на CaCO_3), фосфоритование 1,2 млн га кислых почв с низким содержанием подвижного фосфора, а также гипсование солонцовых почв на площади 140 тыс. га.

Предусматривается выделение средств на проведение фундаментальных научных исследований, агрохимическое и эколого-токсикологическое обследование земель на площади 100 млн. га, а также на субсидирование части затрат сельскохозяйственных товаропроизводителей на применение минеральных удобрений. Предусматривается финансовое, материально-техническое, научно-информационное и кадровое обеспечение всего комплекса технических, организационных, технологических, агрохимических, мелиоративных и экологических мероприятий, направленных на эффективное использование земли и повышение плодородия почв.

Успешная реализация дальнейших долговременных планов сохранения и воспроизводства почвенного плодородия возможна только при условии подготовки квалифицированных агрономических, агрохимических, инженерных и научно-педагогических кадров. Особое внимание обращается на подготовку специалистов среднего звена по соответствующим специальностям. На базе средних сельскохозяйственных учебных заведений и учебных кабинетов Программой предусматривается организация подготовки рабочих кадров в количестве 100 тыс. человек за счет средств, выделяемых на подготовку специалистов, для выполнения агрохимических и мелиоративных работ.

Тема 1.2. Понятие о питании растений. Воздушное и корневое питание растений. Химический состав растений. Органические и минеральные соединения, определяющие качество продукции. Компьютерная презентация – 1 часа.

В состав растений входят вода и сухое вещество, представленное органическими и минеральными соединениями. Соотношение между количеством воды и сухого вещества в растениях, их органах и тканях изменяется в широких пределах. Так, содержание сухого вещества в плодах овощных и бахчевых культур может составлять до 7 % их массы, в зеленных культурах, кочанах капусты, корнеплодах редиса и турнепса — 7—10, свеклы столовой, 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. Содержание воды в тканях растущих вегетативных органов растений 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.

Вода не просто наполнитель растительных клеток, она неотделимая часть их структуры и участник жизненных процессов. Обводненность клеток растительных тканей обуславливает их тургор (гидростатическое давление внутри клетки, вызывающее напряжение клеточной оболочки), интенсивность и направленность разнообразных физиологических и биохимических процессов. При участии воды происходит огромное число биохимических реакций синтеза и распада органических соединений в растениях.

Особое значение вода имеет в энергетических преобразованиях в растениях, прежде всего в аккумуляции солнечной энергии в виде химических соединений при фотосинтезе. Вода обладает способностью пропускать лучи видимой и близкой к ней ультрафиолетовой части света, необходимой для фотосинтеза, но задерживает определенную часть инфракрасной тепловой радиации. Она также обладает высокой удельной теплоемкостью и благодаря способности испаряться при любой температуре предохраняет растения от перегрева.

Содержание воды в растениях зависит не только от их вида, возраста, условий водоснабжения, транспирации, но и в определенной степени от условий минерального питания.

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

Термином «влажность» обозначают физико-химически и механически связанную с тканями растений воду, удаляемую в стандартных условиях определения — при высушивании растительного материала до постоянной массы при температуре 100—105 °С.

В соответствии с техническими требованиями на заготавливаемую и поставляемую растениеводческую продукцию, содержащимися в Государственных стандартах, регламентируются *базисная норма влажности*, на основании которой производят расчеты при закупке или поставке, и *ограничительная норма влажности* как показатель качества, обуславливающий пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с назначением. Так, для зерна пшеницы, ржи, ячменя и овса базисная норма влажности установлена на уровне 14,5 %, а ограничительная в зависимости от условий выращивания составляет 17 или 19 %. Для зерна кукурузы базисная норма влажности 14 %, ограничительная — не более 25 %, для поставляемого для крупяной и пищевого концентратной промышленности — не более 15 %, а подвергнутого принудительной сушке зерна — не менее 13 %. Для зерна гороха базисная норма влажности 15%, а ограничительная — не более 20%, семян подсолнечника — соответственно 7 и не более 8 %. Для сена и соломы базисная влажность 16 %.

Сухое вещество растений. На 90—95 % оно представлено органическими соединениями — белками и другими азотистыми веществами, углеводами и жирами.

Сбор сухого вещества с товарной частью урожая основных сельскохозяйственных культур может колебаться в очень широких пределах — от 1,0—1,5 до 10,0—15,0 т/га и более.

Ценность отдельных органических соединений в зависимости от вида и характера использования растениеводческой продукции может быть различной. Основные вещества, определяющие качество урожая зерна хлебных злаков, — белки и крахмал. Среди зерновых культур наибольшим содержанием белка отличается пшеница, а крахмала — рис и пивоваренный ячмень. Качество последнего ухудшается при повышенном содержании в его зерне белка.

Бобовые культуры (зернобобовые и травы) содержат повышенное количество белков и меньшее — углеводов, качество их урожая определяется прежде всего размерами накопления белка. Качество урожая картофеля оценивают по содержанию углевода — крахмала, а сахарной свеклы — сахарозы. Увеличение содержания белка и особенно небелковых азотистых соединений в корнеплодах сахар-

ной свеклы, выращиваемой для производства сахара, нежелательно. Масличные культуры возделывают для получения жиров — растительных масел, используемых как для пищевых, так и для промышленных целей. При выращивании прядильных культур—льна, конопли, хлопчатника — важно получить более высокий урожай волокна, состоящего из клетчатки. При повышенном количестве клетчатки в зеленой массе и сене однолетних и многолетних трав их кормовые достоинства ухудшаются.

Неравноценны по своему качеству и отдельные группы органических соединений, содержащихся в урожае различных сельскохозяйственных культур.

Качество урожая сельскохозяйственных культур может зависеть и от содержания органических соединений, которых в растениях относительно немного, — витаминов, алкалоидов, гликозидов, органических кислот, эфирных и горчичных масел и т. д.

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

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

Основная структурная единица всех белков — аминокислоты. Они представляют собой органические кислоты жирного или ароматического ряда, содержащие кроме карбоксильных групп (—COOH), одну или две аминогруппы — (NH₂).

Растительные белки построены из 20 аминокислот и двух амидов. Особое значение имеет содержание в белках растений незаменимых аминокислот (валина, лейцина и изолейцина, треонина, метионина, гистидина, лизина, триптофана и фенилаланина), которые не могут синтезироваться в организме человека и животных. Эти аминокислоты человек получает только с растительными пищевыми продуктами, а животные — с кормами.

Качество растениеводческой продукции оценивается не только по содержанию, но и по переваримости, полноценности белков, которые устанавливают на основе изучения их фракционного и аминокислотного состава.

Аминокислотный состав определяет биологическую питательную ценность белков. Если принять за 100 % ценность белка молока или яйца, то биологическая ценность белков зерна риса составит 83—86 %, овса — 70—78, ржи — 68—75, пшеницы — 62—68, кукурузы — 52—58 %. Более низкая биологическая ценность белка зерна кукурузы обусловлена тем, что он беден незаменимыми аминокислотами лизином и триптофаном.

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

В то же время в клубнях картофеля, корнеплодах и листовых овощах на долю азотистых небелковых соединений приходится до половины общего количества азота. Они представлены минеральными (нитраты, аммоний) и органическими (среди которых преобладают свободные аминокислоты и амиды) соединениями, хорошо усвояемыми человеком и животными. Нитраты — обычный компонент азотного фонда растений, после восстановления до аммония они используются на синтез органических азотсодержащих соединений. Однако повышенное содержание нитратов в растениеводческой продукции, особенно в свежих овощах и кормах, неблагоприятно для теплокровных и регламентируется соответствующими нормативами при сертификации продукции.

Для оценки качества растениеводческой продукции часто используют показатель «сырой белок», который выражает сумму всех азотистых соединений (белка и небелковых соединений). Рассчитывают сырой белок путем умножения процентного содержания общего азота в растениях на коэффициент 6,25. Этот коэффициент получен из расчета среднего (16 %) содержания азота в составе белка и небелковых соединений.

Качество зерна пшеницы оценивают по содержанию сырой клейковины, количество и свойства которой определяют хлебопекарные свойства муки. Сырая клейковина — это белковый сгусток, остающийся на сите при отмывании водой теста, замешенного из муки. Сырая клейковина состоит на 2/3 из воды и на 1/3 из сухого вещества, представленного прежде всего труднорастворимыми белками. Клейковина обладает эластичностью, упругостью и другими свойствами, от которых зависит качество выпекаемых изделий. Между содержанием сырой клейковины и сырого белка существует определенная количественная зависимость (клейковины примерно в 2,1 раза больше). Для стимулирования производства хозяйствами продовольственного зерна пшеницы с повышенным содержанием клейковины и хорошими хлебопекарными качествами устанавливают надбавки к закупочным ценам. Качество пшеничной клейковины значительно выше, чем клейковины из зерна ржи и ячменя.

Углеводы. В растениях они представлены сахарами (моносахаридами и олигосахаридами, содержащими 2—3 остатка моносахаридов) и полисахаридами.

Сахара. Содержатся в небольших количествах во всех сельскохозяйственных растениях, а в корнеплодах и отдельных органах овощных культур, плодах и ягодах могут накапливаться в качестве запасных веществ. Преобладающие моносахариды в большинстве растений — глюкоза и фруктоза, а олигосахариды — дисахарид сахароза.

Сладкий вкус многих плодов и ягод связан с наличием глюкозы и Фруктозы в свободном состоянии. *Глюкоза* в значительных количествах (8—15 %) содержится в ягодах винограда (отсюда ее название «виноградный сахар») и составляет до половины общего количества Сахаров в плодах и ягодах. *Фруктоза*, или *плодовый сахар*, накапливается в больших количествах в косточковых плодах (6—10 %), а также содержится в меде. Она слаще глюкозы и сахарозы, корнеплодах доля моносахаридов среди Сахаров невелика (до 1 % общего их содержания).

Сахароза — дисахарид, построенный из глюкозы и фруктозы. В небольших количествах сахароза находится во всех растениях, более высоким ее содержанием (4—8 %) отличаются плоды и ягоды, а также морковь, свекла столовая и лук. Сахароза — основной запасной углевод в корнеплодах сахарной свеклы (14—22 %) и в соке стеблей сахарного тростника (11—25 %). Цель выращивания этих растений — получение сырья для производства сахара.

В зрелом зерне злаковых и бобовых культур содержание сахаров не превышает 3—5 %, но при уборке на более ранних стадиях созревания (например, для консервирования кукурузы и горошка) и при прорастании зерна количество Сахаров составляет до 10 %.

Полисахариды. К ним относятся крахмал, клетчатка и пектиновые вещества.

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

Крахмал — легкоусвояемый организмом человека и животных углевод. При ферментативном (под действием ферментов амилаз) и кислотном гидролизе он расщепляется до глюкозы.

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

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

Пектиновые вещества — высокомолекулярные полисахариды, содержащиеся в плодах, корнеплодах, растительных волокнах и в некоторых водорослях. В волокнистых растениях они скрепляют между собой отдельные пучки волокон. Свойство пектиновых веществ в присутствии кислот и Сахаров образовывать желе или студни используют в пищевой (кондитерской) и фармацевтической промышленности.

Жиры и жироподобные вещества (л и п и д ы). Являются структурными компонентами цитоплазмы растительных клеток, а у масличных культур выполняют роль запасных соединений. Количество структурных липидов обычно небольшое — 0,5—1 % сырой массы растений, но они выполняют в растительных клетках важные функции, в том числе по регуляции проницаемости мембран.

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

По химическому строению жиры представляют собой смесь сложных эфиров трехатомного спирта глицерина и высокомолекулярных жирных кислот. В состав растительных жиров входят ненасыщенные кислоты, основные из которых олеиновая, линолевая и линоленовая, а также насыщенные — пальмитиновая, стеариновая и др. Состав жирных кислот в растительных маслах определяет их свойства — консистенцию, температуру плавления, способность к высыханию, прогорканию, омылению и пищевую ценность. Линолевая и линоленовая жирные кислоты содержатся только в растительных маслах и являются «незаменимыми» для человека, так как не могут синтезироваться в его организме.

Жиры — наиболее энергетически выгодные запасные вещества, при их окислении выделяется в 2 раза больше энергии, чем при распаде углеводов и белков.

Содержание отдельных групп органических соединений в сельскохозяйственной продукции и, следовательно, ее качество могут значительно изменяться в зависимости от видовых и сортовых особенностей растений, условий выращивания.

Более благоприятные условия для синтеза белка создаются в растениях при повышенных температурах и недостатке влаги, а углеводов наоборот — при пониженных температурах и достаточной обеспеченности влагой. Поэтому на территории России с северо-запада на юго-восток содержание белка в растениях возрастает, а крахмала и других запасящих углеводов снижается.

Важное значение для улучшения качества продукции имеют условия питания растений. Например, усиление азотного питания повышает относительное содержание в растениях и сбор белка с Урожаем товарной продукции, а усиленное фосфорно-калийное питание способствует большему накоплению углеводов — сахарозы в корнеплодах сахарной свеклы, крахмала в клубнях картофеля. Фосфорно-калийные удобрения повышают у масличных культур содержание жира и улучшают его качество.

Создав соответствующие условия питания растений с помощью Удобрений, можно повысить накопление наиболее ценных в хозяйственном отношении органических соединений в составе сухого вещества урожая. Однако несбалансированное питание может не только снизить продуктивность растений, но и ухудшить качество урожая. Так, избыточное, особенно одностороннее, снабжение азотом приводит к снижению содержания в растениях углеводов (крахмала у картофеля или сахара в сахарной свекле), а также вызывает накопление в овощной и кормовой продукции потенциально опасных для человека и животных количеств нитратов.

Элементный состав растений

Средний элементный состав сухого вещества растений следующий (% по массе): углерод — 45, кислород — 42, водород — 6,5, азот и другие элементы — 6,5. Всего в составе растений обнаружено более 80 химических элементов. В настоящее время 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) считают, безусловно, необходимыми для растений. Без них невозможны нормальный ход жизненных процессов и завершение полного цикла развития растений. В отношении еще более 20 элементов (кремния, алюминия, фтора, хлора, лития, серебра и др.) имеются сведения об их положительном действии на рост и развитие растений; эти элементы считают условно необходимыми. По мере совершенствования методов анализа и биологических исследований общее число элементов в составе растений и список необходимых химических элементов, очевидно, будут расширены.

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

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

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

Для обеспечения нормальной жизнедеятельности кроме макроэлементов растениям в небольших количествах необходимы бор, марганец, медь, цинк, молибден, кобальт, йод и ванадий. Концентрация каждого из этих элементов в растениях составляет от тысячных до стотысячных долей процента; их называют *микроэлементами*. Обычно их содержание в растениях выражают в мг/кг сухого вещества.

Различия в содержании макро- и микроэлементов можно проиллюстрировать наглядно, если представить его в расчете на 1 млрд атомов, составляющих сухое вещество растений. В этом случае приходится следующее количество атомов: N—10млн, P — 1 млн, K — 3,8 млн, Ca — 1,8 млн, Mg — 1,7 млн, S — 580 тыс., Fe — 10 тыс., B — 3 тыс., Mn — 1 тыс., Zn — 300, Cu — 100, Mo — 5, Co—1.

Физиологические функции химических элементов в зависимости от их расположения в Периодической системе Д. И. Менделеева. Академик В. И. Вернадский еще в 20-е годы прошлого столетия отметил, что химический элементный состав организмов теснейшим образом связан с химическим составом земной коры. Его ученик А. П. Виноградов в 40-х годах создал учение о биогеохимических провинциях, развитие которого привело к возникновению новых взглядов на связь между частотой встречаемости элементов и их физиологическим действием. Преобладающие в земной коре (добавим, и в воде, и в атмосфере) элементы являются доминирующими в живых организмах, обла-

дающих видовыми особенностями элементного состава. Был сделан вывод не только о возможности нахождения в живом веществе всех химических элементов космоса, но и о допущении физиологического значения каждого из этих элементов. Благодаря индивидуальной химической природе каждого из элементов и различной их встречаемости они в процессе эволюции стали необходимы живым организмам в различной степени, а в отдельных случаях — и частично взаимозаменяемыми в жизненных процессах вследствие сродства строения и химических свойств.

Для геохимического распределения элементов атомная структура и строение электронных оболочек имеют решающее значение. Очевидно, что это должно определять и функциональные свойства элементов для живых организмов. Вообще, периодичность химических свойств элементов, установленная Д. И. Менделеевым, современная теория атома объясняет распределением электронов в электронной оболочке по квантовым уровням. С увеличением атомного номера элемента и соответственно числа электронов в оболочке электроны заполняют энергетические квантовые уровни в определенной последовательности.

Если придерживаться взглядов о том, что роль зеленых растений в круговороте веществ в природе заключается в поглощении и накоплении энергии, то правомочна следующая классификация элементов, учитывающая их физиологическую роль в связи с расположением в Периодической системе Д. И. Менделеева. К структурным элементам относятся *s* и *p*-элементы периодической системы Менделеева. При этом водород и кислород обеспечивают в растениях передачу энергии, лабильность и функциональность всей системы жизнедеятельности, а углерод, азот, сера и фосфор — запасание энергии, образование цепных соединений и мостов между молекулами. *s*-Элементы, дающие катионы с постоянной валентностью (натрий, калий, магний, кальций), выступают регуляторами процессов оводнения, гидратации и передвижения веществ, как, по-видимому, и *p*-элементы, дающие анионы с постоянной валентностью (фтор, хлор, бром, йод), функции которых еще недостаточно изучены.

d-Элементы Периодической системы Менделеева — это все необходимые для растений микроэлементы с переменной валентностью (ванадий, хром, марганец, железо, кобальт, никель, медь, цинк, молибден). Они являются биокатализаторами — регуляторами окислительно-восстановительных процессов, входят в состав ферментов, витаминов и биологически активных веществ. Известны функции других *d*-элементов, абсолютная необходимость которых как биостимуляторов и биолокаторов для растений еще не доказана. Именно к *d*-элементам относятся наиболее опасные с точки зрения экологии тяжелые металлы кадмий и ртуть.

f-Элементы Периодической системы (редкоземельные элементы — лантаноиды и актиниды) и радиоизотопы других элементов относятся к биогенераторам. Считают, что радиоактивные элементы важны живым организмам не только из-за своей прямой радиации, но и как возбудители других атомов. Экспериментально подтверждено положительное влияние на рост, развитие растений и их продуктивность целого ряда редкоземельных элементов — урана, радия, актиния, тория, лантана, церия, самария и др. Предполагают, что они столь же необходимы растениям, как макро- и микроэлементы, хотя по чисто количественному признаку характеризуется как ультрамикроэлементы. Их содержание в растениях составляет обычно 10^{-6} — 10^{-8} %. Физиологические функции и абсолютная необходимость этих элементов растительным организмам еще не установлены.

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

Основное количество азота (до 90 % общего его содержания) в репродуктивных органах растений находится в составе белка. Растительные белки содержат 14—18% азота, т.е. в среднем 16%. Поэтому содержание азота тесно коррелирует с содержанием белка в зерне и семенах, составляя 1/6 его часть. Белком наиболее богаты (и, следовательно, азотом) зерно бобовых и семена масличных культур, меньше его в зерне злаков. В вегетативных органах при созревании растений азота значительно меньше, его концентрация в соломе зерновых злаков составляет обычно 0,4—0,7 %, а зернобобовых культур — 1,0—1,5 %.

В молодых интенсивно растущих вегетативных органах и тканях концентрация азота значительно выше, чем в старых. Так, в фазе кущения зерновых злаков оптимальная для их роста и развития концентрация азота составляет 4—6 % на сухое вещество (что значительно выше, чем в зерне даже сильной пшеницы), к фазе трубкования она снижается до 3,5—5,0 %, а колошения — до 3,0—3,5 %. Синтез белка при формировании и созревании зерна в значительной мере идет за счет реутилизации азота из вегетативных органов. Листья, особенно молодые, богаче азотом, чем стебли и корни. Как уже отмечалось, на долю золы в товарной части урожая основных сельскохозяйственных культур приходится от 2 до 5 % массы сухого вещества, в молодых листьях и соломе зерновых, ботве корне- и клубнеплодов — 6—14%. Наиболее высоким содержанием золы (до 20 % и более) отличаются листовые овощи (салат, шпинат).

Так, при среднем содержании золы в зерне злаков 2 % и в зерне бобовых культур 3 % и доли оксида фосфора в золе репродуктивных органов около 40 % концентрация фосфора в расчете на P_2O_5 в зерне этих культур составит соответственно около 0,8 и 1,2 % на сухое вещество. В соломе при уборке урожая концентрация фосфора в среднем в 4 раза ниже — примерно 0,2 и 0,3 %. С урожаем культур, товарной продукцией которых являются репродуктивные органы, из хозяйственного круговорота питательных веществ отчуждается, следовательно, большое количество фосфора.

На долю оксида калия в составе золы репродуктивных органов обычно приходится около 25 %, и его концентрация в зерне злаков и бобовых культур составит соответственно около 0,5 и 0,75 %. В золе соломы его в среднем в 2 раза больше, чем в зерне, и при близкой доле оксида калия в ее составе концентрация калия в расчете на K_2O может составить в соломе зерновых злаков около 1 %, а зерно-бобовых — до 1,5 % на сухое вещество. Более высокое относительное содержание калия характерно для картофеля, сахарной свеклы и других корнеплодов, подсолнечника, листовых овощей, а также кормовых культур, товарной частью которых являются вегетативные органы. Зола стеблей подсолнечника содержит около 50 % оксида калия и с успехом используется в качестве местного калийного удобрения.

В золе корнеплодов много оксида натрия, а в соломе злаков большое количество оксида кремния, соответственно выше и концентрация этих элементов.

Более высоким содержанием серы отличаются бобовые культуры и растения семейства капустных.

В состав различных растений в относительно больших или меньших количествах входят другие макроэлементы (например, хлор) и микроэлементы (известны растения-концентраторы отдельных элементов, в том числе тяжелых металлов).

Установлены не только видовые, но и сортовые различия элементного состава растений, а также его зависимость от условий произрастания.

Качество растениеводческой продукции определяется не только содержанием в ней органических соединений, но и зольным ее составом. Сбалансированность минерального питания имеет важное значение для населения, особенно для детей и людей, нуждающихся в диетическом питании. При оценке качества и питательной ценности растительных кормов для сельскохозяйственных и домашних животных также обязательно учитывают содержание и состав золы, соотношение в них отдельных зольных элементов. Для ликвидации дефицита макроэлементов в пищевых и кормовых рационах широко используют минеральные соли, а микроэлементов — обогащенные ими растительные продукты, пищевые добавки и медикаментозные препараты.

Понятие о тяжелых металлах. Большинство необходимых растительным и животным организмам микроэлементов относится к тяжелым металлам. Этим термином обозначают класс загрязнителей природной среды (преимущественно техногенного характера) из числа химических элементов, имеющих атомную массу свыше 50 единиц. Термин «тяжелые металлы» применим к микроэлементам, когда они находятся в объектах окружающей среды в повышенных количествах и могут оказывать на человека и животных токсичное действие. Среди тяжелых металлов основными загрязнителями являются ртуть, свинец, кадмий, цинк, медь, хром и никель.

Наиболее опасны кадмий, ртуть и свинец, которые даже в ничтожно малых концентрациях токсичны для живых организмов. Избыточное поступление в организм человека и животных других элементов, не относящихся к тяжелым металлам (мышьяка, бора и фтора), также опасно, и их содержание в воде, атмосфере, пищевой продукции и кормах регламентировано (приложения 2—4) показателями «предельно допустимая концентрация» (ПДК) и «максимально допустимый уровень» (МДУ).

Набор тяжелых металлов-загрязнителей для отдельных регионов может различаться вследствие геохимических особенностей почв, характера и интенсивности промышленного производства. Основными источниками поступления тяжелых металлов в природную среду служат предприятия черной и цветной металлургии, тепловые станции, транспорт.

Постоянное потребление растительной продукции даже со слабозагрязненных почв может из-за кумулятивного действия тяжелых металлов (накапливающихся преимущественно в почках и печени) приводить к их накоплению в живых организмах в токсичных количествах.

Воздушное питание растений

Фотосинтез — основной процесс, приводящий к образованию необходимых для жизни органических веществ в зеленых растениях. При фотосинтезе солнечная энергия в зеленых частях растений, содержащих хлорофилл, превращается в химическую энергию, которая используется на синтез углеводов из диоксида углерода и воды.

При световой фазе процесса фотосинтеза происходит реакция разложения воды с выделением кислорода и образованием богатого энергией соединения — аденозинтрифосфата (АТФ) и восстановленных продуктов. Эти соединения участвуют в следующей темновой фазе фотосинтеза в образовании углеводов и других органических соединений из CO_2 .

При образовании в качестве продукта фотосинтеза простых углеводов (гексоз) суммарное уравнение процесса выглядит так: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 2874 \text{ кДж} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$. Путем дальнейших превращений из простых углеводов в растениях образуются более сложные, а также другие безазотистые органические соединения. Синтез аминокислот, белка и других органических азотсодержащих веществ в растениях происходит за счет минеральных соединений азота, фосфора и серы и промежуточных продуктов обмена (синтеза и разложения) углеводов. На образование большого числа 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 синтезированных органических соединений.

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

При фотосинтезе растения усваивают углекислоту, поступившую через листья из атмосферы. 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 служит корневое питание.

Корневое питание растений

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 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 поглотительная способность. Мощность корневой системы, ее строение и характер распределения в почве у разных видов растений резко различаются. Для примера достаточно сравнить слабо развитые корешки салата с корневой системой капусты, картофеля или томата, сопоставить объемы почвы, которые охватывают корни таких корнеплодов, как редис и сахарная свекла. Активная часть корней, поглощающая элементы минерального питания из почвы, представлена молодыми растущими корешками. По мере нарастания каждого отдельного корешка верхняя его часть утолщается, снаружи покрывается опробковевшей тканью и теряет способность к поглощению питательных веществ.

Рост корня происходит у самого его кончика, защищенного корневым чехликом (рис. 5). В непосредственной близости от концов корешков располагается зона делящихся меристематических клеток. Выше ее находится зона растяжения, где наряду с увеличением объема клеток и образованием в них центральной вакуоли начинается дифференциация тканей с формированием флоэмы — нисходящей части сосудисто-проводящей системы растений, по которой происходит передвижение органических веществ из надземных органов в корень. На расстоянии 1—3 мм от кончика растущего корня расположена зона образования корневых волосков. В этой зоне завершается формирование и восходящей части проводящей системы — ксилемы, по которой движется вода (а также часть поглощенных ионов и синтезированные в корнях органические соединения) от корня в надземную часть растений.

Корневые волоски представляют собой тонкие выросты наружных клеток диаметром 5—72 мкм и длиной от 80 до 1500 мкм. Число корневых волосков достигает нескольких сотен на 1 мм поверхности корня в этой зоне. За счет образования корневых волосков 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 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 ограничиваются. Скорость роста корней у однолетних полевых культур может достигать 1 см в сутки. Растущие молодые корешки извлекают необходимые ионы из почвенного раствора с расстояния до 20 мм, а ионы, поглощенные почвой до 8 мм.

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

Наиболее интенсивно поглощение ионов происходит в зоне образования корневых волосков, и поступившие ионы отсюда передвигаются в надземные органы растений.

Поглощение корнями и транспорт питательных элементов тесно связаны с процессами обмена веществ и энергии в растительных организмах, с жизнедеятельностью и ростом как надземных органов, так и корней. Процесс дыхания служит источником энергии, необходимой для активного поглощения элементов минерального питания. Этим обусловлена тесная связь между интенсивностью поглощения растениями элементов питания и дыханием корней. При ухудшении роста корней и торможении дыхания (при недостатке кислорода в условиях плохой аэрации или избыточном увлажнении почвы) поглощение питательных веществ резко ограничивается.

Для нормального роста и дыхания корней необходим постоянный приток к ним энергетического материала — продуктов фотосинтеза (углеводов и других органических соединений) из надземных органов. При ослаблении фотосинтеза вследствие снижения продолжительности и интенсивности освещения уменьшаются образование и передвижение ассимилятов в корни, вследствие чего ухудшаются их рост и жизнедеятельность, поглощение питательных веществ из почвы. Необходимо отметить, что в корне идет не только поглощение, но и синтез 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. Через корни растениями поглощается и небольшая часть диоксида углерода (до 5 % общего его потребления) из почвенного воздуха.

Почвенный воздух отличается от атмосферного повышенным содержанием диоксида углерода (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 диоксида углерода в почве происходит в результате разложения органического вещества микроорганизмами и дыхания корней. Образующийся CO_2 частично выделяется из почвы в атмосферу, улучшая воздушное питание растений, а частично растворяется в почвенной влаге, образуя угольную кислоту $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{H}_2\text{CO}_3$). Последняя вызывает подкисление раствора, в результате чего усиливаются 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 CO_2 в почвенном воздухе повышается, а количество кислорода снижается до 8 % и менее, что отрицательно сказывается на дыхании корней, росте и развитии растений и почвенных микроорганизмов.

Рост корней и поступление питательных веществ в растение, следовательно, заметно снижаются при плохой аэрации почвы, низкой и слишком высокой температуре, избытке или резком недостатке влаги в почве.

На поступление питательных элементов особенно сильно влияют реакция почвенного раствора, концентрация и соотношение солей в нем.

Наиболее важно для питания растений присутствие в почвенном растворе ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , K^+ , NO_3^- и H_2PO_4^- и постоянное их пополнение. Содержание в почвенном растворе катионов H^+ и Na^+ определяет его реакцию, от которой сильно зависят рост и развитие растений. Общее содержание ионов в почвенном растворе обычно незначительное, и лишь в засоленных почвах количество в растворе ионов Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} и других может быть повышенным.

Поступление солей в почвенный раствор зависит от хода процессов выветривания и разрушения минералов, разложения органического вещества в почве, внесения органических и минеральных удобрений.

Концентрация раствора в незаселенных почвах невелика и обычно составляет на 1 л десятые доли граммов, а в засоленных почвах достигает нескольких, а иногда десятков граммов. При избыточной концентрации солей в почвенном растворе (например, в засоленных почвах) поглощение растениями воды и питательных элементов резко замедляется.

Корни растений имеют очень высокую усвояющую способность и могут поглощать питательные элементы из сильно разбавленных растворов. Большинство растений нормально развивается при содержании N и K_2O по 20—30 мг и P_2O_5 10—15 мг на 1 л раствора и даже при значительно более низкой концентрации, если она поддерживается на том же уровне.

Для нормального развития корней важное значение имеет также соотношение солей в растворе, его физиологическая уравнированность. *Физиологически уравнированным* называется раствор, в котором отдельные питательные элементы находятся в таких соотношениях, при которых происходит наиболее эффективное использование их растением. Раствор, представленный какой-либо одной солью, физиологически не уравнирован.

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. Подобные антагонистические отношения существуют для ионов K^+ и Na^+ , K^+ и NH_4^+ , K^+ и Mg^{2+} , NO_3^- и H_2PO_4^- , Cl^- и H_2PO_4^- и др. Антагонизм сильнее проявляется между одноименно заряженными ионами и когда концентрация одного иона в растворе значительно превышает концентрацию другого.

В процессе поступления питательных веществ в растения проявляется *синергизм* ионов, когда поглощение одних ионов способствует лучшему поглощению других.

Физиологическая уравнированность легче всего восстанавливается при введении в раствор солей кальция. При наличии в растворе кальция создаются нормальные условия для развития корневой системы, поэтому в искусственных питательных смесях катион кальция должен преобладать над всеми другими ионами. Особенно сильно ухудшаются развитие корней и поступление в них питательных элементов при высокой концентрации ионов водорода, т. е. при повышенной кислотности раствора. Высокая концентрация в растворе ионов водорода отрицательно влияет на физико-химическое состояние цитоплазмы клеток корня. Наружные клетки корня ослизняются, нарушается их нормальная проницаемость, ухудшаются рост корней и поглощение ими питательных элементов. Отрицательное действие кислой реакции сильнее проявляется при отсутствии или недостатке в растворе других катионов, особенно кальция. Кальций тормозит поступление ионов H^+ , поэтому при повышенном количестве его растения способны переносить более кислую реакцию, чем без кальция.

Реакция раствора влияет на интенсивность поступления отдельных ионов в растение и обмен веществ. При кислой реакции (т. е. при большей концентрации катионов водорода) повышается поступление анионов, но ограничивается поступление катионов, нарушается питание растений кальцием и магнием и тормозится синтез белка, подавляется образование Сахаров в растениях. При Щелочной реакции усиливается поступление катионов и затрудняется поступление анионов.

В то же время концентрация отдельных ионов в клеточном соке, как и в пасоке растений (транспортируемой по ксилеме из корней в надземные органы), чаще всего значительно выше, чем в почвенном растворе. В этом случае поглощение питательных веществ растениями невозможно за счет диффузии и должно происходить против градиента концентрации с затратой метаболической энергии. Исследования с применением меченых атомов убедительно показали, что поглощение питательных веществ и дальнейшее их передвижение в растении происходят со скоростью, в сотни раз превышающую возможную за счет диффузии и пассивного транспорта по сосудисто-проводящей системе с током воды.

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

Растения одновременно поглощают как катионы, так и анионы. При этом отдельные ионы поступают в растение совсем в другом соотношении, чем 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 диффузии и осмосе, не может иметь существенного значения в питании растений, носящем ярко выраженный избирательный характер.

Это подтверждает положение о том, что поглощение питательных веществ растениями происходит не просто путем пассивного всасывания корнями почвенного раствора вместе с содержащимися в нем солями, а является активным физиологическим процессом, который обязательно требует затрат энергии и неразрывно связан с жизнедеятельностью корней и надземных органов растений, с процессами фотосинтеза, дыхания и обмена веществ¹.

Физиологическая реакция солей обусловлена не химическим их составом, а деятельностью самих растительных организмов, обладающих избирательным поглощением питательных веществ в составе катионов и анионов соли. Если в растворе присутствует NH_4Cl , то растения интенсивнее и в больших количествах поглощают (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, поэтому поглощение их ограничено. В почвенном растворе в этом случае будут накапливаться ионы H^+ и Cl^- (анионы соляной кислоты), 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*.

Физиологическую реакцию солей, используемых в качестве минеральных удобрений, нужно обязательно учитывать во избежание ухудшения условий роста и развития сельскохозяйственных культур, особенно на малобуферных почвах.

Жизнедеятельность растений осуществляется в тесном взаимодействии с огромным количеством населяющих почву разнообразных организмов (бактерий, актиномицетов, микроскопических грибов, водорослей, дождевых червей и прочих простейших), составляющих почвенно-биотический комплекс. В широком смысле от состава, численности и биологической активности почвенной биоты зависят плодородие почвы, ее «здоровье», уровень производства и качество сельскохозяйственной продукции, состояние окружающей среды.

Питание растений связано с деятельностью почвенной биоты, в том числе различных многочисленных групп гетеротрофных и автотрофных, аэробных и анаэробных почвенных микроорганизмов. Наиболее активно микробиота функционирует в верхнем гумусовом слое почвы, где сосредоточен основной запас органического вещества и питательных веществ. Количество микроорганизмов особенно велико в ризосфере, т. е. в той части почвы, которая непосредственно соприкасается с поверхностью корней. Используя в качестве источника питания 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 почвы и удобрений. Микроорганизмы разлагают органическое вещество почвы, растительные пожнивные и корневые остатки, внесенные органические Удобрения, в результате содержащиеся в них элементы питания переходят в усвояемую для растений минеральную форму. Высвободившийся при минерализации органических азотистых соединений аммонийный азот подвергается нитрификации.

Параллельно с разложением органического вещества в почве наблюдаются процессы гумификации и иммобилизации элементов минерального питания вследствие биологического поглощения.

Некоторые почвенные микроорганизмы обладают способностью фиксировать газообразный атмосферный азот и вовлекать его в круговорот питательных веществ в земледелии. Помимо симбиотических азотфиксаторов (клубеньковых бактерий), живущих на корнях бобовых растений, в почве функционируют азотфиксаторы свободноживущие и ассоциативные, которые обитают в ризосфере различных (в том числе не бобовых) культур.

В процессе жизнедеятельности почвенные микроорганизмы активно воздействуют на первичные и вторичные минералы почвы. Известны микроорганизмы, обладающие повышенной способностью переводить в доступную для растений форму фосфор и калий минеральной части почв.

При определенных условиях в результате деятельности микроорганизмов питание и рост растений ухудшаются. Микроорганизмы потребляют для питания и построения своих тел азот и зольные элементы, т. е. могут стать конкурентами растений в использовании минеральных веществ. Иммобилизация питательных элементов микроорганизмами носит временный характер, так как после их отмирания элементы питания могут высвободиться в минеральной форме и вновь использоваться растениями. Иногда процесс иммобилизации выражен настолько сильно, что неблагоприятно отражается на питании растений. Рассмотрим пример, когда в почву внесено большое количество свежего органического вещества, богатого клетчаткой, но бедного азотом (соломы, соломистого навоза). Микроорганизмы, получив источник энергетического материала, быстро размножаются и интенсивно потребляют минеральные соединения азота из почвы, закрепляя азот в органической форме. В результате питание растений азотом ухудшается и может снижаться урожай. Последующая минерализация иммобилизованного азота происходит постепенно, по мере естественного возобновления микробной биомассы. Считается, что полное ее возобновление в почве происходит на протяжении биологически активного периода года раз в декаду.

Благодаря огромной численности микроорганизмов, относительно короткой продолжительности их жизни и высокой скорости регенерации в биологический круговорот вовлекается большое количество

ство микробной биомассы. При ее минерализации улучшается снабжение растений элементами питания. Прижизненное высвобождение микроорганизмами продуктов своего метаболизма (ферментов, витаминов, антибиотиков, ростовых и других биологически активных веществ) положительно сказывается на росте, развитии и продуктивности растений. Известно защитное действие микроорганизмов почвы от фитопатогенных форм бактерий и грибов. Высокая ферментативная активность почвенных микроорганизмов обуславливает их важное значение в разложении различных органических токсиантов.

Следует знать, что некоторые микроорганизмы выделяют ядовитые для растений вещества или являются возбудителями различных заболеваний. В почве имеются также микроорганизмы, восстанавливающие нитраты до молекулярного азота (денитрификаторы) и вызывающие большие газообразные потери внесенного азота удобрений и минерализуемого почвенного азота.

Очевидна необходимость создания с помощью приемов агротехники и мелиорации почв оптимальных условий не только для роста и развития растений, но и для нормального функционирования почвенной биоты как важного фактора плодородия почв и питания растений, экологической устойчивости и безопасности сельскохозяйственного производства.

Влияние условий минерального питания на рост, развитие и продуктивность растений

Несмотря на резкие различия в количественной потребности, функции каждого макро- и микроэлемента в растениях строго специфичны, ни один элемент не может быть полноценно заменен другим, т. е. они физиологически равноценны. Недостаток любого макро- и 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, алкалоидов, фосфатидов, большинства витаминов и других органических азотистых соединений, которые играют важную роль в процессах обмена веществ в растении.

Основными источниками азота для растений в естественных условиях служат соли азотной кислоты и аммония; поглощение идет в виде анионов NO_3^- и катионов NH_4^+ . Синтез органических азотистых соединений до белка включительно происходит через аммиак, образованием аммиака завершается и их распад. Аммиак, по образному выражению Д. Н. Прянишникова, есть альфа и омега в обмене азотистых веществ в растениях.

Нитраты, поступившие в растения, восстанавливаются с участием металлсодержащих ферментов через нитриты до аммиака. Для самих растений нитраты безвредны и могут накапливаться в их тканях в значительных концентрациях. Однако нитраты и нитриты в повышенных количествах опасны для теплокровных, вызывают заболевание метгемоглобинемией (вместо гемоглобина в крови образуется метгемоглобин, нарушается снабжение тканей кислородом, развивается синюшность) и могут быть предшественниками канцерогенных соединений — нитрозаминов.

Синтез некоторых аминокислот идет за счет присоединения аммиака к органическим кетокислотам. Аспарагиновая и глутаминовая аминокислоты могут присоединять еще по одной молекуле аммиака, давая амиды — аспарагин и глутамин. Эти соединения служат для детоксикации избыточных количеств аммиака и в качестве источника аминогрупп при синтезе различных аминокислот в реакциях переаминирования.

Растения способны усваивать и амидный азот мочевины, поступивший через корни или листья, после ферментативного гидролиза ее до аммиака или путем непосредственного включения амидного азота в состав органических соединений.

В процессе роста и развития в растениях постоянно синтезируется огромное количество разнообразных белков. Для биосинтеза белков, как и других сложных органических соединений, требуются затраты большого количества энергии. Основные источники ее в растениях — фотосинтез и дыхание (окислительное фосфорилирование), поэтому между синтезом белка и интенсивностью дыхания и фотосинтеза существует тесная связь.

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

Наиболее интенсивно растения поглощают и усваивают азот в период максимального роста и образования вегетативных органов (стеблей и листьев). Из физиологически устаревших частей растений, в которых преобладает распад белка, продукты его гидролиза передвигаются в молодые растущие вегетативные, а затем репродуктивные органы, где снова используются на синтез белка. Поэтому растущие органы растений отличаются повышенной концентрацией азота. В листьях она обычно выше, чем в стеблях и корнях. По мере старения относительное содержание азота в тканях вегетатив-

ных органов снижается. В соломе при полной спелости зерновых, бобовых и масличных культур значительно меньше азота, чем в семенах.

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

Характерные признаки азотного голодания: торможение роста вегетативных органов растений и появление бледно-зеленой или желто-зеленой окраски листьев из-за нарушения образования хлорофилла. Азот повторно используется (реутилизируется) в растениях, и признаки его недостатка проявляются сначала у нижних листьев. Пожелтение начинается с жилок листа, затем распространяется к краям листовой пластинки. При остром длительном азотном голодании бледно-зеленая окраска листьев растений переходит (в зависимости от вида растений) в различные тона желтого, оранжевого и красного цветов, пораженные листья высыхают и преждевременно отмирают. При нормальном снабжении азотом листья темно-зеленые, растения хорошо кустятся, формируют мощный ассимиляционный стеблелистовый аппарат и полноценные репродуктивные органы.

Избыточное, особенно одностороннее, снабжение азотом может замедлить развитие (созревание) растений и ухудшить структуру урожая, поскольку образуется большая вегетативная масса в ущерб товарной части урожая. У корне- и клубнеплодов избыток азота приводит к израстанию в ботву, у зерновых культур и льна — вызывает полегание посевов. Избыточное азотное питание ухудшает и качество продукции. В корнеплодах сахарной свеклы снижается концентрация сахара и возрастает в процессе сахароварения содержание «вредного» небелкового азота, у картофеля снижается содержание крахмала, в овощной и бахчевой продукции и кормах накапливаются потенциально опасные для человека и животных количества нитратов.

Фосфор. Из органических соединений фосфора наиболее важную роль в растениях играют нуклеиновые кислоты — сложные высокомолекулярные вещества, состоящие из азотистых оснований, молекулы углеводов (рибозы или дезоксирибозы) и фосфорной кислоты. Они участвуют в самых важных процессах жизнедеятельности организмов — синтезе белка, росте и размножении, передаче наследственных свойств. Нуклеиновые кислоты образуют комплексы с белками — нуклеопротеиды, участвующие в построении цитоплазмы и ядра клеток. Фосфор входит в состав фосфатидов (фосфолипидов), которые образуют белково-липидные клеточные мембраны и регулируют их проницаемость для различных веществ. Значительное количество фосфора в растениях находится в составе фитина — запасного вещества семени, используемого как источник этого элемента во время прорастания. Важная группа фосфорорганических соединений в тканях растений — сахарофосфаты, образующиеся в процессах фотосинтеза, синтеза и распада углеводов. Фосфор входит также в состав витаминов и многих ферментов.

Минеральные фосфаты присутствуют в тканях растений обычно в небольших количествах, но играют важную роль в создании буферной системы клеточного сока и служат резервом для образования органических фосфорсодержащих соединений.

Фосфор имеет большое значение в энергетическом обмене и в Разнообразных процессах обмена веществ в растительных организмах. Он участвует в углеводном и азотном обмене, в процессах Фотосинтеза, дыхания и брожения. Энергия солнечного света в процессе фотосинтеза и энергия, выделяемая при окислении в процессе дыхания ранее синтезированных органических соединений, аккумулируется в растениях в виде энергии фосфатных связей макроэргических соединений. Важнейшее из таких соединений — АТФ. Накопленная в АТФ энергия используется для всех жизненных процессов роста и развития растения, в том числе для поглощения питательных веществ из почвы, синтеза органических соединений, их транспорта. При недостатке фосфора нарушается обмен энергии и веществ в растениях.

Фосфора, как и азота, больше всего содержится в репродуктивных и молодых растущих органах и частях растения, где интенсивно идут процессы синтеза органического вещества. Из более старых листьев фосфор может передвигаться к зонам роста и использоваться повторно, поэтому внешние признаки его недостатка проявляются у растений прежде всего на нижних листьях.

Растения наиболее чувствительны к недостатку фосфора в самом раннем возрасте, когда их слабо развитая корневая система обладает низкой усвояющей способностью. Отрицательное действие недостатка фосфора в этот период не может быть исправлено последующим даже обильным фосфорным питанием.

Важную роль играет обеспечение растений фосфором и в период формирования репродуктивных органов. Его недостаток в этот период тормозит развитие и задерживает созревание растений, вызывает снижение урожая и ухудшение качества продукции.

При недостатке фосфора растения резко замедляют рост, листья их приобретают (сначала с краев, а затем по всей поверхности) серо-зеленую, пурпурную или красно-фиолетовую окраску. У зерновых злаков при дефиците фосфора уменьшаются кущение и образование плодородных стеблей. Признаки фосфорного голодания обычно проявляются уже в начальный период развития растений, когда они имеют слабо развитую корневую систему и не способны усваивать труднорастворимые фосфаты почвы.

Калий. Физиологические функции калия в растении весьма разнообразны. Он положительно влияет на физическое состояние коллоидов цитоплазмы, повышает их обводненность, набухаемость и вязкость, что имеет большое значение для процессов обмена веществ в клетках, а также для повышения устойчивости растений к засухе. При недостатке калия и усилении транспирации растения быстрее теряют тургор и завядают. Хорошая обеспеченность калием повышает способность растений удерживать воду, и они лучше переносят кратковременную засуху.

Калий положительно влияет на интенсивность фотосинтеза, окислительных процессов и образование органических кислот в растении, его участие в углеводном и азотном обмене. Если калия не хватает, то синтез белка в растении тормозится, в результате происходит нарушение всего азотного обмена. Недостаток калия особенно сильно проявляется при питании растений аммонийным азотом. При недостатке калия задерживается превращение простых углеводов (моносахаридов) в более сложные (ди- и полисахариды).

Калий усиливает отток Сахаров из листьев в другие органы, повышает активность ферментов, участвующих в углеводном обмене, в частности сахарозы и амилазы. Этим объясняется положительное влияние калийных удобрений на накопление крахмала в клубнях картофеля, сахара в сахарной свекле и других корнеплодах.

Под влиянием калия растения становятся морозоустойчивее, что связано с повышением содержания Сахаров и увеличением осмотического давления в клетках. При достаточном калийном питании повышается устойчивость растений к различным заболеваниям, например у хлебных злаков — к мучнистой росе и ржавчине, у овощных культур, картофеля и корнеплодов — к возбудителям гнилей. Калий положительно влияет на прочность стеблей и устойчивость растений к полеганию, на выход и качество волокна льна и конопли.

В отличие от азота и фосфора калий не входит в состав органических соединений в растении, а находится в растительных клетках в ионной форме, в виде растворимых солей в клеточном соке и частично в непрочных адсорбционных комплексах с коллоидами цитоплазмы.

Калия значительно больше в молодых жизнедеятельных частях и органах растения, чем в старых. При недостатке калия в питательной среде наблюдается его отток из более старых органов и тканей в молодые растущие, где происходит его повторное использование (реутилизация).

Калия обычно больше в вегетативных органах, чем в семенах, корнеплодах и клубнях

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

Явные внешние признаки калийного голодания наблюдаются у растений при снижении содержания в них калия в 3—5 раз по сравнению с нормальным.

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

Особенно часто недостаток калия проявляется при возделывании картофеля, корнеплодов, капусты, силосных культур и многолетних трав. Зерновые злаки менее чувствительны к недостатку калия. Но и они при остром дефиците калия плохо кустятся, междоузлия стеблей укорачиваются, а листья, особенно нижние, увядают даже при достаточном количестве влаги в почве.

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

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

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

ся также в составе основного фосфорсодержащего запасного органического соединения — фитина. При недостатке магния снижается содержание хлорофилла в зеленых частях растений и развивается хлороз между жилками листа (жилки остаются зелеными). Острый дефицит магния вызывает «мраморовидность» листьев, их скручивание и пожелтение. Недостаток магния у сельскохозяйственных культур проявляется чаще на бедных этим элементом песчаных и супесчаных почвах с кислой реакцией.

Сера. Имеет важное значение в жизни растений. Основное количество ее находится в растительных белках (сера входит в состав аминокислот цистеина, цистина и метионина) и других органических соединениях — ферментах, витаминах, горчичных и чесночных маслах. Сера принимает участие в азотном и углеводном обмене растений, в процессе дыхания и синтезе жиров. Больше серы содержат растения из семейства бобовых и капустных (крестоцветных), а также картофель. При недостатке серы образуются мелкие со светлой желтоватой окраской листья на вытянутых стеблях, ухудшаются рост и развитие растений.

Железо. Входит в состав окислительно-восстановительных ферментов растений и участвует в синтезе хлорофилла, процессах дыхания и обмена веществ. При недостатке железа (проявляется обычно только на карбонатных почвах) вследствие нарушения образования хлорофилла у сельскохозяйственных культур, особенно у винограда, и плодовых деревьев развивается хлороз. Листья теряют зеленую окраску, затем белеют и преждевременно опадают.

Бор. Сильно влияет на углеводный, белковый, нуклеиновый обмен и другие биохимические процессы 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 прежде всего молодые растущие органы, происходит отмирание точек роста.

Более требовательны к бору и чувствительны к его недостатку корнеплоды, подсолнечник, бобовые культуры, лен, картофель и овощные растения. У сахарной, кормовой и столовой свеклы дефицит бора вызывает поражение гнилью сердечка и появление дуплистости корнеплодов. Лен при недостатке бора поражается бактериозом. Отмирание верхушечной точки роста приводит к усиленному образованию боковых побегов, которые также останавливаются в росте, резко снижаются выход и качество волокна. У подсолнечника острый дефицит бора вызывает полное отмирание точки роста, при более позднем проявлении недостатка бора наблюдаются ненормальное развитие цветков, пустоцвет и снижение урожая семян. При борном голодании бобовых культур 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. Недостаток бора чаще проявляется на известкованных дерново-подзолистых и серых лесных, дерново-глеевых и темноцветных заболоченных почвах.

Молибден. Ему 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 восстановления нитратов в растениях. В растениях содержится молибден (мг на 1 кг сухого вещества): в зерне овса и пшеницы — 0,16—0,19, в корнеплодах и листьях сахарной свеклы — 0,16—0,6, в сене клевера — 0,91, в зеленой массе люпина — 1,12.

Особенно требовательны к наличию молибдена в почве в доступной форме бобовые культуры и овощные растения (капуста, листовые овощи, редис).

Внешние признаки недостатка молибдена сходны с признаками азотного голодания — резко тормозится рост растений, вследствие нарушения синтеза хлорофилла они приобретают бледно-зеленую окраску (листовые пластинки деформируются, и листья преждевременно отмирают).

Дефицит молибдена также ограничивает развитие клубеньков на корнях бобовых культур, резко снижает урожай и содержание белка в растениях. Недостаток молибдена при больших дозах азота может приводить к накоплению в растениях, особенно в овощных и кормовых, повышенных количеств нитратов, токсичных для человека и животных. Растениям не хватает молибдена обычно на кислых почвах, особенно легкого гранулометрического состава.

Марганец. Входит в состав окислительно-восстановительных ферментов, участвующих в процессах дыхания, фотосинтеза, углеводного и азотного обмена растений, играет важную роль в усвоении растениями нитратного и аммонийного азота. 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.

Характерный симптом марганцевого голодания — точечный хлороз листьев. На листовых пластинках между жилками появляются мелкие желтые хлоротичные пятна, затем пораженные участки

отмирают. Недостаток марганца бывает, как правило, на болотных, нейтральных и щелочных, а также на легких почвах.

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

Цинк. Оказывает многостороннее действие на обмен энергии и веществ в растениях, так как входит в состав ферментов и принимает участие в синтезе ростовых веществ — ауксинов. При недостатке цинка резко тормозится рост растений, нарушаются фотосинтез, процессы фосфорилирования, синтез углеводов и белков, обмен фенольных соединений. Специфические признаки цинкового голодания — задержка роста междоузлий, появление хлороза и мелколистности, развитие розеточности. От недостатка цинка страдают чаще всего плодовые и цитрусовые культуры на нейтральных и слабощелочных карбонатных почвах с высоким содержанием фосфора.

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

Кобальт. Этот микроэлемент необходим для биологической фиксации молекулярного азота и является компонентом витамина В₁₂. Недостаток кобальта (внешние признаки у растений сходны с симптомами азотного голодания) может проявляться прежде всего у бобовых культур на известкованных, нейтральных и щелочных почвах.

При низком содержании кобальта в кормах у животных развивается анемия, падает аппетит и резко снижается продуктивность.

Недостаток других микроэлементов также приводит к заболеванию людей и животных. Например, низкое содержание йода в почвах, а следовательно, в растительной пище и кормах вызывает воспаление щитовидной железы, недостаток марганца — появление бесплодия, меди — малокровие и заболевание рахитом.

Избыточное поступление микроэлементов также неблагоприятно действует на живые организмы: нарушаются обмен веществ, процессы роста и развития, снижается репродуктивная способность. При избытке микроэлементов в пище и кормах проявляются различные эндемические заболевания человека и животных.

Динамика потребления и вынос элементов питания сельскохозяйственными культурами

Неодинаковые количественная потребность и интенсивность поглощения растениями отдельных элементов питания должны 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: основное 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 дозу органических удобрений и подавляющую часть минеральных. *Припосевное удобрение* (в рядки, при посадке в лунки, гнезда) в небольших дозах вносят для снабжения растений в начальный период развития легкодоступными формами питательных веществ, прежде всего фосфором. Для обеспечения растений питательными элементами в наиболее ответственные периоды вегетации применяют *подкормки* в дополнение к основному и припосевному удобрению. В некоторых случаях в подкормки можно вносить значительную часть общей дозы 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 удобрения.

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

Растительная диагностика питания сельскохозяйственных культур

Для контроля за питанием сельскохозяйственных культур в течение вегетации используют метод растительной диагностики — определение обеспеченности растений питательными элементами по их состоянию (внешнему виду, темпам роста и развития) и химическому составу.

При *визуальной диагностике* по внешнему виду всего растения или отдельных его органов определяют недостаток или избыток какого элемента питания вызвал появление тех или иных внешних признаков ухудшения состояния растений. Визуальная диагностика предусматривает также проведение биометрических измерений (высоты, сырой и сухой массы растений, площади листьев, числа

продуктивных стеблей или соцветий и т. д.), фенологических наблюдений для выявления причины угнетения растений (недостаток питания, поражение болезнями и повреждение вредителями, неблагоприятные погодные условия) и сравнительной оценки роста и развития нормальных и страдающих от недостатка питания растений.

При *химической диагностике* определяют валовое содержание питательных элементов во всем растении или листьях (*листовая диагностика*) либо содержание неорганических форм питательных элементов в растительных тканях (*тканевая диагностика*).

Для каждого вида растений характерен вполне определенный химический состав. Кроме того, для нормального роста, развития и формирования урожая растения должны поддерживать в своих органах и тканях необходимую концентрацию элементов питания, изменяющуюся в течение вегетации.

Установлены оптимальные уровни содержания элементов питания в растениях и их листьях в отдельные периоды вегетации, обеспечивающие благоприятные условия роста и формирование высокого урожая хорошего качества.

При недостатке какого-либо питательного элемента в почве в доступной форме его концентрация в растениях по сравнению с оптимальным уровнем снижается, а при избытке повышается. Чем сильнее отличается химический состав растений от оптимального, тем в большей степени проявляются нарушение условий питания и потребность в их корректировке с помощью удобрений. Химическая диагностика позволяет раньше, чем визуальные наблюдения, выявить возможные нарушения в питании растений.

Поступившие в растения элементы минерального питания в виде катионов и анионов используются на синтез органических соединений и обеспечение различных физиологических функций. С увеличением уровня питания каким-либо ионом его концентрация в растениях в минеральной форме также возрастает в определенных пределах. Так, поступивший в растения нитратный азот NO_3^- восстанавливается до NH_4^+ уже в корневой системе, а аммонийный азот быстро используется на синтез органических азотистых соединений. Значительные количества нитратов обнаруживаются в надземных органах растений обычно лишь при повышенном уровне снабжения азотом. Поглощенный корнями фосфор (в виде H_2PO_4^-) также интенсивно включается в состав органических соединений и накапливается в тканях растений в минеральной форме только при обильном питании. Концентрация других минеральных ионов (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и др.) в растительных тканях отражает степень обеспеченности растений соответствующими элементами.

Повышенное содержание минеральных соединений отдельных элементов в растениях может наблюдаться и при ограничении синтеза органических веществ вследствие недостатка других элементов питания, прочих неблагоприятных условий для роста и развития растений (недостаточная освещенность, низкие температуры и т. д.), поражения их болезнями и повреждения вредителями.

Поэтому химическая диагностика должна обязательно сочетаться с фитопатологическими и фенологическими наблюдениями, а также с определением показателей роста и массы растений. Необходимо установить обеспеченность, как минимум, тремя основными элементами минерального питания — азотом, фосфором и калием. Для правильного осмысления результатов химической диагностики следует учитывать весь комплекс внешних и внутренних факторов роста и развития растений, среди которых важное место занимают свойства почвы, погодные условия и технология возделывания культур.

При химической диагностике анализируют целые растения или «индикаторные» органы и ткани (в которых наиболее четко прослеживается зависимость изменения химического состава от условий питания) в строго установленные сроки — в конкретные фенофазы или этапы онтогенеза. Например, при химической диагностике питания озимых зерновых культур по валовому содержанию элементов в фазе кущения (3 листа) и в начале выхода в трубку (4—5 листьев) берут всю надземную часть, во время полного трубкования берут третий и четвертый листья (считая снизу), а при колошении — цветении в качестве индикаторного органа используют полнорельные закончившие рост, но еще сохранившие зеленую окраску и активно вегетирующие листья — второй и третий (считая сверху).

Для тканевой диагностики используют части растения, богатые сосудисто-проводящей системой (стебли, черешки, главные жилки листа), в которых содержание неорганических форм питательных элементов наиболее резко изменяется в зависимости от их содержания в почве в доступной форме.

Правильный отбор растительных проб имеет особо важное значение при химической диагностике питания сельскохозяйственных культур. Проба должна отражать типичный состав растений на обследуемом участке. Для этого отбор смешанных проб проводят из большого числа растений по двум диагоналям участка в утренние часы (но не во время росы или после дождя), избегая загрязнения растений почвой. В производственных условиях размер участков, с которых отбирают одну смешанную пробу, зависит от природных и хозяйственных условий зоны, пестроты почвенного покрова и удобренности полей, вида и технологии возделывания культуры, состояния посевов. Так, с высокопродуктивных полей зерновых злаков, возделываемых по интенсивным технологиям в богарных условиях

при выровненном стеблестое один образец из 70—100 растений отбирают с площади 30 га, при не выровненном стеблестое — с 10 га, а в условиях орошения — с 1—3 га в зависимости от площади поливного участка.

Отобранные для валового анализа растения протирают сырой ватой или марлей для удаления пыли и грязи, определяют сырую и сухую массу 100 растений. Сушку проводят на воздухе, избегая прямого солнечного света, или в термостате при температуре 60 — 80 °С. Высушенные и измельченные образцы помещают в банки с притертыми пробками или в полиэтиленовые пакеты, туда же вкладывают этикетку с номером и адресной справкой. Образцы сразу передают в агрохимические лаборатории, оснащенные соответствующими приборами и оборудованием, где их анализируют на содержание валового количества основных элементов питания, а при необходимости и микроэлементов.

При тканевой диагностике анализируют свежие образцы (здесь важно сохранить неизменными неорганические формы питательных элементов) или фиксируют пробы в термостате в течение 40 мин при температуре 90—100 °С для прекращения деятельности ферментов, а затем высушивают. Анализ растительных проб проводят непосредственно в поле или лаборатории хозяйства с использованием экспресс-лабораторий, выпускаемых промышленностью, либо отправляют в лаборатории агрохимической службы.

При анализе экспресс-методами используют срезы тканей индикаторных органов или выжатый из них сок, или вытяжку в уксусной кислоте. Для определения нитратов, неорганических форм фосфора, калия и других элементов применяют реакции, при которых образуются окрашенные продукты. Интенсивность образующейся окраски отражает концентрацию определенного иона. Полученную в ходе реакции окраску среза или сока растений сравнивают с цветной стандартной шкалой и оценивают в баллах. Так, для определения нитратного азота в растительных срезах используют раствор дифениламина в концентрированной серной кислоте, образующий при реакции с нитратами продукт синего цвета. Выпускается также специальная индикаторная бумага для определения обеспеченности растений азотом. При нанесении капли сока или приложении среза индикаторного органа растений на пятно с реактивами бумага приобретает розовую окраску, интенсивность которой пропорциональна содержанию нитратов.

В качестве примера рассмотрим проведение непосредственно в поле экспресс-диагностики обеспеченности азотом озимых зерновых для определения целесообразности и доз азотных подкормок, являющихся важным элементом технологии возделывания этих культур. Ранние азотные подкормки необходимы для повышения урожая зерна, а поздние — содержания в нем белка (и клейковины в зерне пшеницы). Диагностику проводят в утреннее время (с 8 до 11 ч, но не после дождя).

Сначала заполняют адресную часть бланка, потом по диагонали обследуемого участка через равные промежутки отбирают 70—100 растений. Затем из них формируют средний образец из 20 типичных растений. Бритвой или скальпелем на предметном стекле вырезают участок стебля 5 мм в следующие фазы: кущения — непосредственно над узлом кущения; трубкования, колошения, цветения — соответственно в первом, втором и третьем междоузлиях. На срез пипеткой (не касаясь носиком пипетки среза!) наносят только одну каплю реактива, накрывают ее вторым предметным стеклом и сдавливают оба стекла пальцами. По образовавшейся окраске устанавливают балл обеспеченности растения азотом. Подобным образом анализируют все растения средней пробы. Полученные данные записывают в бланк и рассчитывают средний балл для участка.

При определении нитратного азота с использованием индикаторной бумаги «ИНДАМ» отбирают пробу растений описанным способом. Скальпелем или бритвой разрезают стебель поперек в соответствующем участке. Надавив пальцем (или пинцетом) стебель выше среза до появления сока, прикладывают срез к диску индикаторной бумаги. Появившуюся на бумаге окраску сравнивают с прилагаемой шкалой и устанавливают балл обеспеченности растения азотом. Рассчитывают средний балл для обследуемого участка и по таблице определяют целесообразность проведения подкормки и дозу азота.

Использование методов растительной диагностики позволяет оперативно оценить уровень обеспеченности сельскохозяйственных культур питательными элементами и принять необходимые меры для устранения их недостатка. Важное практическое значение методы растительной диагностики имеют в овощеводстве, особенно в защищенном грунте (где возможна корректировка питания культур в течение вегетации проведением подкормок соответствующими видами удобрений), и в плодоводстве (для корректировки системы удобрения многолетних культур в последующие годы).

Один из элементов растительной диагностики — определение нитратов с помощью экспресс-методов — нашел широкое применение в системе контроля за качеством овощей, бахчевой продукции и кормов с целью установления их соответствия предельно допустимым концентрациям (ПДК) содержания нитратов при сертификации.

Раздел 2. Удобрения и их применение

Тема 2.1. Понятие об удобрениях, их классификация. Способы и сроки внесения удобрений.

Удобрениями называют вещества, используемые для питания растений и повышения плодородия почв.

По химическому составу все удобрения подразделяют на минеральные и органические. К удобрениям относятся разнообразные минеральные и органические вещества и материалы, которые содержат необходимые для растений элементы питания, усиливают мобилизацию питательных элементов из почвенных запасов и улучшают свойства почвы. По характеру действия удобрения разделяют на прямые и косвенные.

Удобрения прямого действия. Содержат необходимые растениям питательные элементы и оказывают непосредственное положительное влияние на питание сельскохозяйственных культур. При внесении азотных удобрений улучшается азотное питание растений, а фосфорных удобрений — фосфорное питание и т. д.

Удобрения косвенного действия. Применяют главным образом не для непосредственного улучшения условий питания растений каким-либо элементом, а для улучшения свойств почвы, изменения реакции почвенного раствора и усиления процесса мобилизации имеющихся в почве запасов питательных элементов, т. е. они оказывают косвенное воздействие на условия питания растений.

К косвенным удобрениям относят используемые для химической мелиорации почв известковые удобрения и гипс, а также бактериальные удобрения.

В зависимости от происхождения, способа и места получения удобрения делятся на промышленные и местные.

Промышленные удобрения. К ним относят почти все минеральные удобрения, которые получают в результате размола или химической переработки агроруд на специальных химических заводах, а также синтетические продукты азотной промышленности, побочные продукты химических производств, выпускаемые промышленным способом органические и органо-минеральные удобрения. Сюда же условно можно отнести и бактериальные удобрения — препараты, получаемые на заводах при размножении определенных видов микроорганизмов.

Местные удобрения. Получают на местах их использования, в самих хозяйствах или вблизи них. К таким удобрениям относят прежде всего различные органические удобрения (навоз, навозная жижа, птичий помет, фекалии, различные компосты, торф, прудовый ил, зеленое удобрение и пр.), местные известковые материалы, отходы металлургической и других видов промышленности, используемые в сельском хозяйстве вблизи мест соответствующих производств.

Минеральные удобрения. Они могут быть как промышленного, так и ископаемого происхождения (например, фосфоритная мука, известковые удобрения). Они, как правило, содержат питательные вещества в виде минеральных солей (например, нитрата аммония — в аммиачной селитре, монокальцийфосфата $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2]$ — в суперфосфате, KCl — в хлористом калии). Однако азотное минеральное удобрение мочевины содержит азот в составе органического соединения карбамида — $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$.

В зависимости от того, какие питательные элементы находятся в удобрениях, их подразделяют на две группы.

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

Комплексные удобрения включают одновременно не менее двух главных питательных элементов.

Термином «вид минерального удобрения» обозначают категорию удобрения, выделяемую по действующему веществу, а термином «форма минерального удобрения» — их характеристику по химическому составу.

Так, азотные удобрения (вид удобрения) выпускают в различных формах (аммиачная селитра, мочевины, безводный аммиак, сульфат аммония и др.).

Содержание действующего вещества выражают в процентах массы: в азотных удобрениях в расчете на N , в фосфорных — на P_2O_5 и в калийных — на K_2O . Для пересчета дозы удобрения в килограммах действующего вещества на физические удобрения указываемую дозу N , P_2O_5 или K_2O делят на процент содержания действующего вещества в удобрении. Например, нужно внести дозу 70 кг азота на 1 га в виде аммиачной селитры: так как содержание азота в ней 34,5 %, то количество физического удобрения будет $70/34,5 \approx 2$ ц/га.

Производство и ассортимент минеральных удобрений

В последние годы ассортимент поставляемых на внутренний рынок минеральных удобрений значительно сузился.

Некоторая стабилизация (начиная с 1996 г.) потребления удобрений в России вселяет надежду на постепенное восстановление спроса и масштабов применения минеральных удобрений отечественными сельскохозяйственными производителями. Однако, по имеющимся экспертным оценкам, этот процесс займет не менее 8—10 лет. В то же время ученые ВИУА оценивают минимальный уровень потребности земледелия России в минеральных удобрениях в 7,1 млн. т д. в., поддерживающий и перспективный — соответственно в 11,8 и 16,0 млн. т в год. Оптимальная обеспеченность на 2010 г. оценивается в 26,0 млн т, в том числе азотных — 10,2, фосфорных и калийных соответственно 9,1 и 6,7 млн т д. в. при следующем научно-обоснованном ассортименте.

Крайне необходимо восстановление и укрепление материально-технической базы для правильного, эффективного и экологически безопасного применения нарастающего потока минеральных удобрений, развитие дилерской сети и сервисного агрохимического обслуживания хозяйств. К первоочередным задачам относятся строительство складов, возобновление производства и совершенствование специализированной техники для обеспечения всей технологической цепи на пути удобрений от завода до поля, тем более техники общего назначения для реализации оптимальных технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Способы и сроки внесения удобрений

Годовую норму удобрений под отдельные культуры можно вносить в разные сроки и различными способами. Сроки и приемы внесения удобрений должны обеспечивать наилучшие условия питания растений в течение всей вегетации и наибольшую окупаемость питательных веществ урожаем. Различают три способа внесения удобрений: допосевное (или основное), припосевное (в рядки, гнезда, лунки) и послепосевное (или подкормки в период вегетации).

Основное удобрение. До посева вносят навоз (и другие органические удобрения) и, как правило, большую часть общей дозы применяемых под данную культуру минеральных удобрений.

Цель основного удобрения — обеспечить питание растений в течение всего периода вегетации. Вносят удобрения до посева разбросным способом с помощью туковых сеялок (минеральные удобрения, известь), навозоразбрасывателей (органические удобрения) и других машин.

Основное фосфорно-калийное удобрение вносят преимущественно осенью и заделывают под глубокую явлевую обработку почвы. 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 более эффективны.

Особое значение имеет глубокая заделка допосевого фосфорного удобрения, поскольку фосфор в почве вследствие химического связывания практически не передвигается. Перспективный способ применения удобрений до посева, особенно суперфосфата, — ленточное, локальное внесение. При локальном размещении фосфор суперфосфата меньше закрепляется в почве и усвоение его растениями повышается.

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) за счет денитрификации, 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 мочевины 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 применять небольшие дозы удобрений одновременно с посевом в рядки или гнезда.

Припосевное удобрение. Его 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, нужно вносить их на некотором расстоянии (2—3 см) сбоку или ниже семян, чтобы семена отделялись от удобрений прослойкой почвы.

Питательные вещества из удобрений, внесенных в рядки или гнезда на глубину посева семян, большинство растений использует только в первый период роста, поэтому доза их должна быть невысокой — 7—15 кг д. в. на 1 га. При внесении в лунки или в борозды Удобрений под картофель и томат питательные вещества удобрения могут использоваться более длительное время, особенно при достаточной влажности почвы. Дозы припосадочного удобрения под эти культуры могут быть увеличены до 20—30 кг д. в. на 1 га.

Припосевное удобрение, рассчитанное главным образом на обеспечение растений легкодоступными формами элементов питания в начальный период их жизни, имеет важное значение и для последующего развития растений. Благоприятные условия питания с начала вегетации способствуют формированию у молодых растений более мощной корневой системы, что обеспечивает в дальнейшем лучшее использование питательных элементов из почвы и основного удобрения. Благодаря рядковому удобрению растения быстрее развиваются и легче переносят временную засуху, меньше повреждаются вредителями и поражаются болезнями, лучше подавляют сорняки. Припосевное местное внесение небольших доз минеральных удобрений — наиболее эффективный способ их применения, обеспечивающий более высокие прибавки урожая на каждый центнер удобрения.

При систематическом применении высоких доз удобрений содержание подвижных форм элементов питания, в том числе фосфора, в почве постепенно возрастает и действие рядкового удобрения может снижаться. Рядковое применение суперфосфата имеет важное значение при выращивании зерновых и других культур в засушливых районах страны, где используют ограниченное количество минеральных удобрений, а фосфор часто находится в первом минимуме.

Подкормки. В течение вегетации их применяют в дополнение к основному и припосевному удобрению для усиления питания растений в период наиболее интенсивного потребления ими питательных элементов.

Дробное внесение азота — до посева и в подкормки в соответствии с потребностью в период вегетации — важный элемент интенсивной технологии выращивания зерновых культур. Недостаток азота в начале вегетации этих культур приводит к резкому снижению урожая, а при формировании и наливе зерна — к ухудшению его качества, снижению белковости. На основе данных комплексной диагностики питания растений подкормки азотом проводят в период кущения — начала выхода в трубку.

Ранневесенняя подкормка обязательна при выращивании озимых культур. Внесение азота в этот период повышает интенсивность физиологических процессов в растениях, ускоряет отрастание посевов и их рост, усиливает кущение и закладку репродуктивных органов. Ранние подкормки зерновых культур обеспечивают получение высокого урожая и создают условия для формирования качественного зерна. В засушливых зонах и в условиях быстрого подсыхания почвы ранние подкормки зерновых культур азотными удобрениями проводят прикорневым способом дисковыми сеялками или обычным поверхностным способом при наличии технологической колеи.

Для получения сильного и ценного зерна пшеницы используют поздние подкормки азотом. Они не влияют на урожай и применяются для повышения содержания белка и клейковины в зерне. Поэтому поздние подкормки — это удобрение «для качества». Такие подкормки следует проводить на тех полях, которые на основе предварительной диагностики были выделены для получения сильного и ценного зерна.

В случае необходимости применения микроудобрений, регуляторов роста и пестицидов их внесение по возможности совмещают с подкормкой азотом. Для поздних подкормок лучше использовать мочевины или КАС. Опрыскивание посевов растворами этих удобрений проводят с помощью опрыскивателей по технологической колее.

Подкормки широко используют и на многолетних сеяных сенокосах, пастбищах, естественных кормовых угодьях.

Перенесение части азотных и калийных удобрений в подкормку пропашных культур целесообразно при высоких дозах на легких почвах в увлажненных районах с высоким уровнем грунтовых вод. Такие подкормки картофеля, сахарной свеклы и других пропашных культур при средних дозах не дают дополнительного эффекта по сравнению с внесением всего количества удобрений до посева. Действие удобрений, внесенных в подкормку при неглубокой заделке в междурядья пропашных культур, сильно зависит от условий увлажнения в течение вегетации.

В районах с достаточным количеством влаги или при орошении эффективность подкормок значительно выше, чем при недостатке влаги. Для подкормки наиболее целесообразны 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 применяли или они внесены в недостаточном количестве.

Подкормки клевера и других многолетних трав естественных лугов проводят поверхностно вразброс, а пропашных и овощных культур — в междурядья с заделкой в почву при последующей междурядной обработке культиваторами растение питателями или с поливной водой.

Некорневые и корневые подкормки макро- и микроудобрениями широко применяют в плодоводстве и овощеводстве защищенного грунта.

В зависимости от особенностей питания и технологии возделывания культуры, почвенно-климатических условий, планируемой урожайности, общей дозы минеральных удобрений и их формы возможны различные сочетания указанных способов внесения. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур предусматривают максимальное совмещение обработки почвы и посева с внесением удобрений и пестицидов, а также других операций.

Тема 2.2. Производство и применение минеральных удобрений. Основные физические, химические и механические свойства минеральных удобрений. Компьютерная презентация — 1 часа.

1. АЗОТНЫЕ УДОБРЕНИЯ

На многих почвах нашей страны, особенно в достаточно увлажненных районах на дерново-подзолистых, серых лесных и выщелоченных черноземах, а также при орошении на других почвах азотные удобрения имеют решающее значение в повышении урожая. Они обеспечивают до 50 % общей прибавки урожая, получаемой от полного минерального удобрения (NPK).

В России выпуск и применение азотных удобрений в среднем за 1986—1990 гг. составили соответственно 7,8 и 5,9 млн. т (или около 50 кг азота в расчете на 1 га пашни). При этом большую их долю занимали более концентрированные твердые удобрения — мочевины и аммиачная селитра, а около 20 % произведенного азота применяли в составе комплексных удобрений. На другие разнообразные формы приходилось около 10 % выпускавшихся азотных удобрений.

Однокомпонентные азотные удобрения подразделяют на следующие группы:

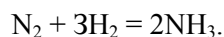
нитратные удобрения (соли азотной кислоты или селитры), содержащие азот в нитратной форме; аммонийные и аммиачные удобрения (твердые и жидкие), содержащие азот соответственно в аммонийной и аммиачной формах;

аммонийно-нитратные удобрения, в них азот находится в аммонийной и нитратной формах (аммиачная селитра);

удобрение, в которое азот входит в амидной форме (мочевина или карбамид);

водные растворы мочевины (карбамида) и аммиачной селитры, получившие название КАС (карбамид-аммиачная селитра).

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



Синтетический аммиак используют для производства не только мочевины, аммонийных солей и жидких аммиачных удобрений, но и азотной кислоты, которая идет для получения аммонийно-нитратных и нитратных, а также комплексных удобрений. Производство азотных удобрений является энергоемким и технологически сложным процессом.

Мощности по производству аммиака в России достигают свыше 15 млн. т. Сейчас выпускают главным образом аммиачную селитру и мочевины, которую практически полностью экспортируют за рубеж. За счет реконструкции устаревших для производства этих удобрений агрегатов налажен и будет расширяться выпуск жидких азотных удобрений, в том числе КАС.

1.1 НИТРАТНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Нитратные удобрения — натриевая и кальциевая селитры — являются побочным продуктом основных химических производств и всегда составляли небольшую долю (менее 1 %) выпускаемых азотных удобрений. Однако ознакомление с их свойствами и превращениями в почве интересно с точки зрения правильного понимания особенностей применения других азотных удобрений.

Натриевая селитра (нитрат натрия, азотнокислый натрий, чилийская селитра) — $NaNO_3$. Содержит не менее 16 % азота и 26 % натрия. Это мелкокристаллическая соль белого или желтовато-бурого цвета, хорошо растворимая в воде. Обладает слабой гигроскопичностью, но при хранении в неблагоприятных условиях может слеживаться. При правильном хранении не слеживается и сохраняет хорошую рассеиваемость.

Кальциевая селитра (нитрат кальция, азотнокислый кальций) — $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ - Содержит не менее 13 % азота. Это кристаллическая соль белого цвета, хорошо растворимая в воде. Обладает высокой гигроскопичностью и даже при нормальных условиях хранения сильно отсыревает, расплывается и слеживается. Хранят и перевозят ее в специальной водонепроницаемой упаковке. Для уменьшения гигроскопичности кальциевую селитру гранулируют с применением гидрофобных покрытий, однако даже это полностью не устраняет неблагоприятные физические свойства удобрения.

Натриевая и кальциевая селитры — физиологически щелочные удобрения. Растения в большом количестве потребляют анионы, чем катионы Na^+ или Ca^{2+} , которые, оставаясь в почве, сдвигают реакцию в сторону подщелачивания. Эти удобрения при систематическом применении на кислых 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.

Селитры не рекомендуют вносить осенью, их лучше заделывать весной под предпосевную обработку почвы. Очень хорошо использовать эти удобрения в подкормки 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 вызвана ролью натрия. Он усиливает отток углеводов из листьев в корни, в результате повышаются урожай корнеплодов и содержание в них сахара. Нитратные формы азотных удобрений с успехом используют в овощеводстве защищенного грунта.

1.2 АММОНИЙНЫЕ И АММИАЧНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Твердые аммонийные удобрения составляют около 4 % валового производства азотных удобрений. Доля производства жидких аммиачных удобрений постоянно возрастает.

К твердым аммонийным удобрениям относят сульфат аммония и хлористый аммоний.

Сульфат аммония (сернокислый аммоний) — $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Содержит 21% азота. Кристаллическая соль, хорошо растворимая в воде. Гигроскопичность ее очень слабая, поэтому при нормальных условиях хранения слеживается мало и сохраняет хорошую рассеваемость.

Сульфат аммония можно получать улавливанием серной кислотой аммиака из газов, образующихся при коксовании каменного угля, или нейтрализацией синтетическим аммиаком отработанной серной кислоты различных химических производств. Небольшие количества сульфата аммония вырабатываются в качестве побочного продукта при сохранившемся производстве капролактама.

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

Содержит около 24 % серы и служит хорошим источником этого элемента для питания растений.

Сульфат аммония-натрия — $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_4$. Содержит 16—17 % азота и 8 % натрия. Его получают также при производстве капролактама. Кристаллическая соль белого, темно-серого или желтого цвета. Его используют так же, как и сульфат аммония, целесообразно вносить под сахарную свеклу и другие корнеплоды из-за содержания в нем натрия.

Хлорид аммония (хлористый аммоний) — NH_4Cl . Побочный продукт при производстве соды. Удобрение содержит 25 % азота. Из-за большого количества хлора (67 %) NH_4Cl малопригоден для культур, чувствительных к этому элементу (табак, цитрусовые, картофель и др.).

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

Поглощенный аммоний хорошо доступен для растений. Подвижность его в почве и опасность вымывания в условиях обычного увлажнения уменьшаются. Аммонийные удобрения можно применять заблаговременно, с осени под вспашку.

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

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

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

К жидким аммиачным удобрениям относят безводный аммиак и аммиачную воду.

Безводный аммиак — NH_3 . Содержит 82,2 % азота. Получают снижением газообразного аммиака под давлением. По внешнему виду бесцветная, подвижная жидкость, плотность при 20 °С 0,61, температура кипения 34 °С. При хранении в открытых сосудах быстро испаряется. Обладает высокой упругостью паров (при 10 °С 0,51 МПа и при 38 °С 1,37 МПа), поэтому его хранят и транспортируют в стальных баллонах или цистернах, выдерживающих высокое давление.

Аммиачная вода (водный аммиак) — NH_4OH . Это водный 25-% 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 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 вероятность потерь азота за счет улетучивания NH_3 при перевозке, хранении и внесении удобрения. Использовать ее в качестве удобрения проще и безопаснее, чем безводный аммиак. Однако это удобрение имеет существенный недостаток — содержит мало азота.

Преимущество жидких азотных удобрений заключается в том, что производство и применение их значительно дешевле, чем твердых. При производстве жидких аммиачных удобрений отпадает необходимость строительства цехов азотной кислоты, а также кристаллизации, упаривания, гранулирования, сушки. Это позволяет значительно снизить капиталовложения на строительство азотнотукового завода равной (по азоту) мощности. Стоимость единицы азота в безводном и водном аммиаке примерно в 1,5—2 раза меньше, чем в аммиачной селитре. Кроме того, в 2—3 раза сокращаются затраты труда на внесение жидких удобрений. Это связано с тем, что исключаются все работы по подготовке удобрений к внесению (дробление, просеивание, засыпка в туковые сеялки и т. д.), а все операции по их использованию (погрузка, выгрузка, внесение в почву) полностью механизированы. При правильном применении жидкие азотные удобрения дают такие же прибавки урожаев культур, как и равная доза азота в аммиачной селитре.

Однако обеспечение технологии транспортировки, хранения и внесения жидких аммиачных удобрений, особенно безводного аммиака, требуют больших капитальных затрат (на создание специальных транспортных средств, хранилищ и агрегатов для внутри-почвенного внесения с герметичными, а для безводного аммиака — рассчитанными на высокое давление емкостями). Кроме того, к работе с технологическим оборудованием по применению удобрений допускают только специально обученный персонал.

Жидкие аммиачные удобрения вносят специальными машинами, обеспечивающими немедленную заделку их на глубину не менее 10—12 см на тяжелых почвах и 14—18 см на легких. Поверхностно 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 гидроксида 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 аммиачные удобрения можно применять для основного (допосевного) внесения под все культуры не только под предпосевную культивацию, но и осенью под вспашку. Их можно использовать и для подкормки пропашных культур. В этом случае во избежание ожогов растений удобрения заделывают в середину междурядий или на расстоянии не менее 15 см от растений.

При работе с жидкими аммиачными 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 необходимо соблюдать меры предосторожности, так как смесь аммиака с воздухом взрывоопасна.

1.3 АММОНИЙНО-НИТРАТНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Аммиачная селитра (азотнокислый аммоний, нитрат аммония) — NH_4NO_3 . Это основное поставляемое сельскому хозяйству одностороннее азотное удобрение, содержит 34 % азота. Удобрение

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

Следует помнить, что аммиачная селитра пожаро- и взрывоопасна, при хранении в больших количествах способна к детонации. Поэтому при работе с ней соблюдают особые меры предосторожности; ее складывают в специально оборудованных помещениях, вдали от легковоспламеняющихся и взрывчатых веществ.

Аммиачная селитра — хорошо растворимое безбалластное высококонцентрированное универсальное удобрение. Ее можно применять под любые культуры и на всех почвах перед посевом, при посеве в рядки или лунки и в подкормку.

На почвах, насыщенных основаниями, в растворе образуется селитра — кальциевая (или магниевая), и почвенный раствор не подкисляется даже при систематическом внесении высоких доз удобрения. Для этих почв аммиачная селитра — одна из лучших форм азотных удобрений.

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

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

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

На кислых дерново-подзолистых почвах более высокий эффект, особенно при систематическом применении, дает нейтрализованная, или *известково-аммиачная селитра* ($NH_4NO_3 + CaCO_3$). Ее получают сплавлением или смешиванием нитрата аммония с определенным количеством извести, мела или доломита. Известково-аммиачная селитра не подкисляет почву, значительно меньше слеживается при хранении и не взрывоопасна. Выпускаемое удобрение содержит 26 % (марка А) и 22 % (марка В) азота и соответственно 17 и 27 % карбоната кальция.

1.4 МОЧЕВИНА

Мочевина (карбамид) — $CO(NH_2)_2$. Содержит не менее 46 % азота. Получают синтезом из аммиака и диоксида углерода при высоких давлениях и температуре. Белый мелкокристаллический продукт, хорошо растворимый в воде. Гигроскопичность при температуре до 20 °С сравнительно небольшая. При хороших условиях хранения слеживается мало, сохраняет удовлетворительную рассеиваемость. Особенно хорошими физическими свойствами обладает гранулированная мочевина.

Во время грануляции мочевины образуется биурет $[(CONH_2)_2NH]$, обладающий токсичным действием, однако содержание его в гранулированном удобрении не превышает 1 % и практически безвредно для растений при обычных способах применения.

В почве под влиянием уробактерий, выделяющих фермент уреазу, мочевина быстро (за 2—3 дня) аммонифицируется с образованием карбоната аммония: $CO(NH_2)_2 + 2H_2O = (NH_4)_2CO_3$. В первые дни после внесения мочевины вследствие образования $(NH_4)_2CO_3$ (гидролитически щелочная соль) происходит временное местное подщелачивание почвы. $(NH_4)_2CO_3$ поглощается почвой и постепенно нитрифицируется [причем нитрификация его протекает быстрее, чем $(NH_4)_2NO_4$], и временное подщелачивание почвы сменяется некоторым подкислением.

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.

В отличие от других азотных удобрений мочевина даже в повышенной концентрации (> 5 %) не обжигает листья и вместе с тем хорошо усваивается растениями. Кроме того, мочевины применяют в животноводстве как азотную добавку к углеводистым кормам.

2. ФОСФОРНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Значительная доля почв сельскохозяйственного назначения, в том числе пахотных земель, в России имеет низкую обеспеченность фосфором. Особенно бедны фосфором почвы легкого гранулометрического состава. Низкое содержание подвижного и, следовательно, доступного для растений фосфора характерно для кислых почв с высокой способностью к химическому поглощению его в труд-

недоступных формах. На черноземах и других почвах с повышенным содержанием гумуса фосфор является элементом питания, в первую очередь лимитирующим урожайность сельскохозяйственных культур.

В настоящее время более 30 млн. га пахотных земель России имеют содержание подвижного фосфора ниже среднего. Особенно заметное падение запасов подвижных форм фосфора в почвах за последнее десятилетие отмечается в Дальневосточном, Восточно-Сибирском, Уральском и Северо-Кавказском экономических регионах России.

В отличие от азота никаких других источников восполнения запасов фосфора в почвах помимо частичного его возврата с навозом и применения фосфорсодержащих минеральных удобрений не существует.

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

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

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

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

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

Фосфорные удобрения производят путем кислотной и термической переработки фосфатов, они содержат фосфор в виде солей ортофосфорной кислоты. Кроме того, некоторые сложные фосфорсодержащие удобрения получают на основе полифосфорных (суперфосфорных) кислот.

В настоящее время Россия располагает единственным действующим источником фосфатного сырья для производства первоклассных фосфорных удобрений — Хибинским месторождением апатито-нефелиновых руд. Это уникальное, одно из крупнейших и богатейших месторождений в мире. Его суммарные разведанные запасы составляют около 3,8 млрд т руды, из которых 1,5 млрд т являются государственным резервом. Промышленные запасы месторождения оцениваются в 1600 млн т руды с содержанием P_2O_5 14 %. Основной продукцией ОАО «Апатит», осуществляющего добычу и переработку руд Хибинского месторождения, является апатитовый концентрат с содержанием P_2O_5 39,4 %. Он широко известен в мире под названием «Кольский апатит». Годовой выпуск апатитового концентрата сейчас составляет менее 6 млн т (по сравнению с 20 млн т в 1988 г.).

В ассортименте поставляемых сейчас на внутренний рынок фосфорсодержащих удобрений преобладают комплексные — аммофосы и нитрофоски.

2.1 СУПЕРФОСФАТ

Суперфосфат простой. Получают обработкой размолотого апатита серной кислотой. При действии серной кислоты на фосфатное сырье происходит разложение апатита или фосфорита с образованием водорастворимого однозамещенного фосфата кальция $[Ca(H_2PO_4)_2]$ и гипса ($CaSO_4$), не растворимого в воде.

Гипс остается в составе удобрения и занимает около 50 % его массы, фосфора в таком суперфосфате вдвое меньше, чем в исходном сырье. По этой причине низкопроцентные фосфориты не используют для изготовления суперфосфата. В России для получения этого удобрения применяют Кольский апатитовый концентрат.

Простой суперфосфат из апатита содержит около 20 % усваиваемого фосфора P_2O_5 . Большая часть фосфора в суперфосфате находится в виде монокальцийфосфата, 5—5,5 % массы удобрения содержится в виде свободной фосфорной кислоты. В суперфосфате находится небольшое количество дикальцийфосфата ($CaHPO_4 \cdot 2H_2O$), а также трикальцийфосфата, фосфатов железа и алюминия. Суперфосфат оценивают по содержанию в нем усвояемого фосфора, т. е. растворимого в воде и цитратном растворе (аммиачный раствор цитрата аммония). Усвояемый фосфор в суперфосфате составляет 88 - 98 % общего содержания.

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

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

Суперфосфат двойной. В отличие от простого имеет высокое содержание усваиваемого фосфора (P_2O_5) — 42 - 49 % и не содержит гипса. Фосфор находится в нем в виде водорастворимого монокальцийфосфата — $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ и небольшого количества свободной фосфорной кислоты (2,5 — 5 %). Зарубежное удобрение такого состава называют тройным суперфосфатом.

При производстве двойного суперфосфата апатит (или фосфорит) обрабатывают серной кислотой. Ее берут больше, чем при производстве простого суперфосфата, для того чтобы получить не монокальцийфосфат, а фосфорную кислоту, которой затем обрабатывают новую порцию сырья и получают двойной суперфосфат — $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$.

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

Гранулированный суперфосфат из апатитового концентрата может выпускаться также с добавками микроэлементов бора, марганца, молибдена, меди и кобальта.

В почве фосфор суперфосфата вследствие химического взаимодействия с полтораоксидами железа и алюминия, карбонатами кальция и магния (или поглощенным кальцием) превращается в нерастворимые в воде фосфаты, менее доступные для растений, т. е. подвергается химическому поглощению, или ретроградации. На почвах, насыщенных основаниями (черноземы и особенно сероземы и другие карбонатные почвы) образуются слаборастворимые фосфаты кальция — отокальцийфосфат и др.

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

Фосфор суперфосфата почти полностью закрепляется в месте его внесения и очень слабо передвигается в почве. При внесении суперфосфата до посева в качестве основного удобрения его следует заделывать под плуг, 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 влияет на эффективность удобрения.

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

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

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

2.2 ЦИТРАТНОРАСТВОРИМЫЕ ФОРМЫ

Преципитат $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ — двухзамещенный фосфат кальция (дикальцийфосфат). Содержит 38 % фосфора (P_2O_5). Получают преципитат путем кислотной переработки фосфатов при осаждении фосфорной кислоты известковым молоком или мелом, а также как продукт отхода при желатиновом производстве. Используют для минеральной подкормки скота и как удобрение.

Фосфор преципитата не растворим в воде, но растворяется в цитрате аммония 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 фосфор суперфосфата, закрепляется в почве, поэтому преципитат более эффективен на богатых полутораоксидами железа и алюминия кислых почвах и карбонатных черноземах. На других черноземах преципитат по эффективности близок к суперфосфату.

Фосфатшлак мартековский. Побочный продукт переработки мартековским способом богатых фосфором чугунов на сталь и железо. Содержит фосфор в основном в виде силикофосфатов и свободный оксид кальция. Состав может быть условно представлен как $4\text{CaO} + \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{CaSiO}_3$.

Применяемый в качестве удобрений фосфатшлак должен содержать не менее 10 % растворимого в 2 %-ной лимонной кислоте фосфора (P_2O_5) и иметь тонкий помол (80 % продукта должно проходить через сито с диаметром ячеек 0,18 мм). Его можно использовать как основное удобрение на всех почвах, но он 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.

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

Термофосфаты — $\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 + \text{SiO}_2$. Получают сплавлением или спеканием размоленного 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 фосфаты, а также другие фосфаты и силикофосфаты.

Термофосфаты содержат 20—30 % лимоннорастворимого фосфора (P_2O_5). По свойствам и эффективности они близки к томасшлаку. Могут применяться в качестве основного удобрения на всех почвах, но как щелочные удобрения эффективнее на кислых почвах.

Плавленные магниевые фосфаты. Получают при сплавлении фосфорита или апатита с силикатами магния. Они содержат 19—21 % усвояемого лимоннорастворимого фосфора (P_2O_5) и 8—14 % MgO . Особенно эффективны на бедных магнием легких песчаных и супесчаных почвах.

Термофосфаты также применяют как основное удобрение. Их нельзя смешивать с аммонийными удобрениями.

Обесфторенный фосфат. Получают из апатита путем обработки водяным паром смеси апатита с небольшим количеством кремнезема (2—3 % SiO_2) при температуре 1450—1550 °С. При этом разрушается кристаллическая решетка фторапатита и удаляется фтор в газообразной форме, а фосфор переходит в усвояемую (лимон-норастворимую) 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 должно проходить через сито с диаметром ячеек 0,15 мм.

Обесфторенный фосфат, так же как и томасшлак, нельзя смешивать с аммонийными удобрениями. Его можно применять как основное удобрение на всех типах почв. На дерново-подзолистых и черноземных почвах по эффективности не уступает суперфосфату.

2.3 ФОСФОРИТНАЯ МУКА

Фосфоритную муку получают размолотом фосфорита до состояния тонкой муки. Фосфор в ней содержится в виде соединений фторапатита, гидроксилапатита, карбонатапатита, т.е. находится в основном в форме трехзамещенного фосфата кальция — $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Эти соединения не растворимы в воде, слабых кислотах и слабодоступны для большинства растений.

Фосфоритная мука негигроскопична, не слеживается, может смешиваться с любым удобрением, кроме извести. Выпускается четыре сорта фосфоритной муки, общее содержание фосфора в расчете на P_2O_5 в которых следующее: высший сорт — 30 %, I — 25, II сорт-22, III-19%.

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

Эффективность фосфоритной муки зависит от состава фосфоритов, тонины помола, особенностей растений, свойств почвы и сопутствующих удобрений. Фосфориты желвакового типа, более молодые с точки зрения геологического возраста и не имеющие хорошо выраженного кристаллического строения, доступнее для растений. При их размолоте получают муку, пригодную для непосредственного удобрения. Фосфориты более древнего происхождения, имеющие кристаллическое строение, труднодоступны и поэтому не пригодны для приготовления фосфоритной муки.

Эффективность фосфоритной муки увеличивается с повышением тонины помола. Чем тоньше частицы, тем больше их поверхность и соприкосновение с почвой и лучше происходит разложение фосфоритной муки под действием почвенной кислотности до усвояемых растениями соединений.

Значение тонины помола для повышения эффективности фосфоритной муки особенно велико на почвах, имеющих недостаточную кислотность для разложения этого удобрения, на оподзоленных и выщелоченных черноземах. По стандарту не менее 80 % частиц должно проходить через сито с размером ячеек 0,18 мм.

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

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

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

Дозу фосфоритной муки устанавливают также в зависимости от кислотности почвы. На сильно- и среднекислых почвах (рН 5 и менее) можно вносить ту же дозу фосфоритной муки, что и суперфосфата, а на слабокислых — двойную и даже тройную. На известкованных почвах эффективность ее снижается.

Фосфоритную муку применяют как основное удобрение, вносить ее лучше заблаговременно, с осени, обязательно с глубокой заделкой под плуг. Наиболее эффективно внесение ее вместе с навозом в пару под озимые культуры, а также под пропашные — сахарную свеклу, картофель, кукурузу и др. Положительное действие фосфоритной муки, продолжается несколько лет. Чем больше доза этого удобрения, тем эффективнее и продолжительнее его действие.

Для увеличения содержания подвижного фосфора в кислых почвах применяют *фосфоритование* — внесение высоких доз фосфоритной муки. При этом одновременно достигают некоторого снижения кислотности почвы. Фосфоритование кислых почв — один из основных технологических элементов работ по комплексному агрохимическому окультуриванию полей (КАХОП).

Оптимальное содержание подвижных форм фосфора в дерново-подзолистых и серых лесных почвах при выращивании культур в полевых зернотравяных севооборотах составляет около 200 мг $\text{P}_2\text{O}_5/\text{кг}$ почвы, в зернопропашных — 250, в овощных — 300 мг/кг. На выщелоченных черноземах под полевыми, зернопаровыми и зернопропашными севооборотами фосфатный уровень целесообразно доводить до 150-200 мг $\text{P}_2\text{O}_5/\text{кг}$ почвы, а в кормовых и овощных севооборотах — до 200-300 мг/кг.

3. Калийные удобрения

В повышении урожаев сельскохозяйственных культур и улучшении качества получаемой продукции наряду с азотными и фосфорными удобрениями важная роль принадлежит минеральным калийным удобрениям. Их применение наиболее эффективно на почвах легкого гранулометрического состава и на торфянистых почвах с низким содержанием калия. На других почвах с высокими валовыми запасами калия необходимость в калийных удобрениях возникает при возделывании потребляющих большое количество калия культур — корне- и клубнеплодов, силосных и овощных, подсолнечника и других, особенно при низком уровне применения навоза и иных органических удобрений.

Эффективность калийных удобрений всегда выше при достаточной обеспеченности растений другими основными элементами питания. В этом случае более четко проявляется также положительная роль калия в повышении устойчивости растений к неблагоприятным погодным условиям, к поражению болезнями и повреждению вредителями.

Для производства калийных удобрений используют природные месторождения калийных солей. На территории России находится крупнейшее месторождение хлористых калийных солей — Верхнекамское (Соликамское — Березняки).

3.1 ПРОМЫШЛЕННЫЕ КАЛИЙНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Хлористый калий (хлорид калия), KCl . Высококонцентрированное водорастворимое удобрение, содержащее не менее 60 % д. в. (в расчете на K_2O). Его получают из сильвинитовой руды Верхнекамского месторождения, добываемой подземным способом с глубины 100—200 м. Мощность основного сильвинитового горизонта от 7 до 40 м. Добыча руды фактически полностью механизирована. Используются высокопроизводительные комбайны в комплексе с бункерами-перегрузателями и самоходными вагонами, а затем транспортные конвейеры и подъемники. На обогатительных фабриках для получения хлористого калия из сильвинита ($nKCl \cdot mNaCl$, содержит 17—40 % KCl и 60—80 % $NaCl$) используют в основном флотационный способ отделения KCl из размолотой породы. Для отделения KCl от $NaCl$ к пульпе из размолотого сильвинита добавляют поверхностно-активные вещества (флотореагенты), которые адсорбируются только на поверхности зерен KCl . При интенсивной продувке кристаллы его всплывают, а кристаллы $NaCl$ оседают. Флотационный хлористый калий имеет вид крупных естественных кристаллов розового цвета. Реагенты, удержанные поверхностью кристалла KCl , резко уменьшают гигроскопичность и слеживаемость удобрения. Конечный продукт содержит 95 % KCl .

Продолжают использовать и старые, более энергоемкие, системы получения галургического хлористого калия путем обработки руды горячим щелоком с последующим разделением солей благодаря различной растворимости от температуры. Получаемый белый мелкокристаллический продукт, содержащий 95 % KCl , при хранении сильно слеживается.

Грануляция флотационного и галургического кристаллического продукта улучшает физические свойства удобрения.

Гранулированный хлористый калий выпускается с массой долей фракции 1—4 мм 95%; 90 и 70%. Спрессованные гранулы имеют хорошую динамическую прочность (массовая доля неразрушенных гранул не менее 80 %) и 100%-ную рассыпчатость. Гранулы неправильной формы имеют красно-бурый цвет различных оттенков (до розоватого).

Негранулированный хлористый калий (так называемый мелкий) представляет собой мелкие кристаллы серовато-белого цвета или их смесь с мелкими зернами различных оттенков красно-бурого цвета (непыляющий хлористый калий с пылимостью не более 0,2 г/кг).

Мелкий хлористый калий используют, как правило, в производстве комплексных удобрений — азофосок, нитрофосок и диаммофосок, а также при производстве удобрений, относящихся к товарам народного потребления.

Гранулированный хлористый калий пригоден для сухого смешивания и используется для изготовления смешанных и сложно-смешанных комплексных удобрений.

Хлористый калий — основное промышленное калийное удобрение в России, доля других, в том числе бесхлорных форм, незначительна.

Хлоркалий-электролит. Продукт, получаемый при производстве магнезия 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 его можно применять при внесении с осени под все культуры. На Березниковском комбинате освоено производство гранулированного калий-электролита (42 % д. в.), обогащенного магнием (6—7 % Mg в пересчете на MgO). Это относительно дешевое удобрение, эффективное для применения под менее чувствительные к хлору, но положительно отзывающиеся на магний и натрий культуры, особенно выращиваемые на легких почвах.

Калимагнезия, $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$. Содержит 28—30 % K_2O и 8-10% MgO .

Калимаг (калийно-магнезиальный концентрат), $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$. Содержит 17,5—19,5% K_2O и столько же магнезия, сколько калимагнезия. На Соликамском магниевом заводе при переработке карналлита освоено производство калимага хлористого гранулированного с содержанием 45—65 % KCl и 4,5—15,0 % $MgCl_2$. Это хорошее удобрение для культур, потребляющих наряду с калием много магнезия (картофель, лен, клевер), особенно на бедных калием и магнием песчаных и супесчаных почвах.

Сульфат калия (сернокислый калий), K_2SO_4 . Содержит не менее 46 % K_2O и не более 2 % влаги. Это мелкокристаллическая соль сероватого цвета, растворимая в воде.

Небольшие количества сульфата калия по разным сложным и энергоемким технологиям выпускают в ОАО «Уралкалий» (с 50 % K_2O), а также на глиноземных заводах при переработке нефелиновых и других горных пород.

Сульфат калия имеет хорошие физические свойства, негигроскопичен, не слеживается. Его можно применять на любых почвах и под все культуры, но особенно под чувствительные к хлору культуры (табак, виноград, цитрусовые, лен, картофель и др.). Однако, производство сульфата калия дорогое, поэтому он занимает незначительный удельный вес среди калийных удобрений.

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

На почвах среднего и тяжелого гранулометрического составов калийные удобрения необходимо вносить с осени под зяблевую обработку. Их размещают в более влажном слое почвы, где развивается основная масса деятельных корней, поэтому калий лучше усваивается растениями.

На легких почвах с низкой емкостью поглощения катионов, особенно в районах с большим количеством осадков, где возможно вымывание калия, калийные удобрения целесообразно вносить весной под предпосевную обработку почвы.

Все калийные удобрения — физиологические кислые соли. Однако физиологическая кислотность у них меньше, чем у аммонийных удобрений, и проявляется она более заметно только при длительном применении этих удобрений под культуры, потребляющие большое количество калия, — подсолнечник, гречиху, корнеплоды, картофель, овощные. 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 доз калийных удобрений, особенно низкопроцентных калийных солей, на не насыщенных основаниями почвах. Для предотвращения отрицательного влияния калийных удобрений на эти почвы необходимо проводить известкование и вносить содержащие кальций азотные и фосфорные удобрения. На почвах, насыщенных основаниями (черноземах и сероземах), отрицательного действия калийных удобрений на физические свойства и реакцию почвы не наблюдается.

3.2 МЕСТНЫЕ КАЛИЙСОДЕРЖАЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

Определенный вклад в устранение дефицита калия в земледелии страны может внести использование непромышленных калийсодержащих удобрительных материалов — сырых калийных солей (прежде всего сильвинита Соликамского месторождения и недавно открытого в Сибири Непского калиеносного бассейна) широко распространенных кварц-глауконитовых песков, а также отходов алюминиевой и цементной продукции, растительной золы (особенно подсолнечника). Однако использование этих местных источников калия может иметь экономические, экологические и организационные ограничения. Часто в районах, где имеются залежи калийсодержащих материалов, они действуют слабо а дальние их перевозки нерентабельны. Ниже приводится краткая характеристика наиболее употребляемых местных калийсодержащих материалов.

Сырые калийные соли. Получают размолом природных калийных солей. Характеризуются низким содержанием калия и большим количеством примесей, что значительно увеличивает расходы на транспортировку и внесение. Поэтому применять сырые калийные соли целесообразно лишь вблизи месторождений калийных руд. Из сырых калийных солей в России наиболее распространен сильвинит. Он содержит большое количество хлора (более 4 кг на 1 кг K_2O), что также ограничивает его применение.

Сильвинит, $KCl + NaCl$. Содержит 12-15% K_2O и 35-40% Na_2O . Выпускается в грубом размоле (размер кристаллов 1 - 5 мм и более). Представляет смесь крупных кристаллов белого, розового, бурого и синего цвета. Обладает незначительной гигроскопичностью, но при хранении во влажном помещении отсыревает, а при подсушивании слеживается.

Сильвинит целесообразно применять только в качестве основного удобрения и вносить с осени под зяблевую вспашку. При этом значительная часть хлора вымывается в нижние слои почвы, а калий поглощается почвой.

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

Цементная пыль. Содержит от 14 до 35 % K_2O в форме карбонатов, бикарбонатов и сульфата калия. По эффективности при применении под чувствительные к избытку хлора культуры (картофель, лен, гречиха) не уступает сульфату калия. Неблагоприятные физические свойства (пылит и гигроскопична) можно устранить путем грануляции.

Нефелиновые хвосты. Это тонкоизмельченный нефелин, отход производства апатитового концентрата из Кольских апатитов. Содержит 5—6 % K_2O и другие основания (10—13 % Na_2O и 8—10 % CaO). Низкое содержание калия в нефелине исключает его перевозку на дальние расстояния. Применение нефелиновых хвостов эффективно на распространенных в зоне месторождения кислых торфяных почвах.

Растительная зола. Получают при сжигании дров или соломы. Содержит калий, фосфор, калий и ряд микроэлементов и является ценным калийно-фосфорным и известковым удобрением.

Калий в золе содержится в виде карбоната калия (K_2CO_3), хорошо растворимого в воде. Эта форма калия лучшая для всех культур, особенно чувствительных к хлору. Наиболее богата калием зола гречихи и подсолнечника, а также ржаной соломы. В древесной золе калия меньше, но значительно больше кальция, чем в золе соломы. Торфяная зола содержит мало фосфора и калия и используется

преимущественно как известковое удобрение. Зола каменного угля не имеет практического значения как источник калия для растений.

Золу необходимо хранить в сухом помещении, так как вода выщелачивает из нее питательные вещества (прежде всего калий) и удобрительная ценность золы снижается.

Золу можно применять на любых почвах под все культуры. Как удобрение, содержащее известь, наиболее высокий эффект она дает на кислых почвах, особенно на бедных калием песчаных и супесчаных почвах и торфяниках.

4. МИКРОУДОБРЕНИЯ

Для увеличения производства качественной сельскохозяйственной продукции наряду с основными удобрениями важное значение имеют микроудобрения, содержащие микроэлементы. Микроэлементы необходимы растениям в очень небольших количествах — их содержание составляет тысячные и десятитысячные доли процента 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 биохимических 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 заболевания человека и сельскохозяйственных животных.

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

Борные удобрения. Необходимость внесения борных удобрений проявляется прежде всего на дерново-глебовых 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.

Основные формы борных удобрений — боросуперфосфат (простой с содержанием водорастворимого бора 0,2 % и двойной с 0,4 % бора), бормагниевого удобрения (не менее 2,3 % бора), борная кислота (17,3 % бора) и ее натриевая соль — бура (11 % бора).

Борную кислоту и буру применяют для предпосевной обработки семян (в дозах соответственно 20—50 и 35—80 г/ц семян) и для некорневых подкормок (0,2—0,4 кг В на 1 га).

Боросуперфосфат используют прежде всего для внесения в рядки при посеве и посадке растений. Остальные борсодержащие удобрения вносят в почву из расчета 0,5—1,5 кг В на 1 га.

Использование борных удобрений на почвах с низким содержанием доступных форм бора полностью устраняет заболевание корнеплодов гнилью сердечка и дуплистостью корня, льна — бактериозом, картофеля — паршой, плодовых — суховершинностью деревьев, пятнистостью и опробковением плодов. Урожайность корнеплодов сахарной свеклы и кормовых корнеплодов возрастает на 3—5 т/га, волокна и семян льна — на 0,5—1,5 ц/га, зерна бобовых культур — на 2,0—4,0 ц/га, семян клевера и люцерны — на 50—100 кг/га.

В корнеплодах сахарной свеклы при внесении бора увеличивается содержание сахара, в клубнях картофеля — 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 зерновые бобовые 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. При известковании кислых почв увеличивается подвижность молибдена в почве и его доступность для растений, уменьшается или полностью устраняется потребность в молибденовых удобрениях.

В качестве молибденовых удобрений применяют молибдат аммония (содержащий 52 % молибдена); порошок, содержащий молибден (14,5—16,5 %), молибденизированный суперфосфат простой и двойной (соответственно 0,1 и 0,2 % молибдена) и отходы электроламповой промышленности (0,3—0,4 % молибдена в водорастворимой форме). Первые два удобрения используют для предпосевной обработки семян (20—50 г Мо 1 ц семян при опрыскивании раствором молибдата аммония или в 1,2—1,5 раза большее количество при опудривании порошком, содержащим Мо).

Молибдат аммония применяют для некорневых подкормок из расчета 150—200 г Мо на 1 га. Молибденизированный суперфосфат вносят в рядки при посеве (с обычной дозой фосфора 10—15 кг/га вносится 50—75 г Мо на 1 га), а содержащие молибден отходы промышленности применяют до посева (0,5—1,5 кг Мо на 1 га).

Применение молибдена на кислых почвах повышает урожай гороха на 0,3—0,4 т/га, сена клевера и вики — соответственно на 0,8-1 и 0,7-0,9, семян клевера - на 0,05—0,1, моркови - на 7—8 т/га, салата, редиса и капусты — на 20—30 %. Под влиянием молибдена значительно улучшается и качество продукции: увеличивается содержание белка в зерне и сене бобовых культур, витаминов и сахара в овощах.

Марганцевые удобрения. Недостаток марганца чаще всего проявляется на черноземах 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 дает положительный эффект.

Марганцевые удобрения применяют главным образом под сахарную свеклу, кукурузу, картофель, овощные, плодовые и ягодные культуры, что способствует значительному повышению урожайности. Так, применение марганцевых удобрений на черноземах позволяет получать прибавку урожайности сахарной свеклы 1,4—2,5 т/га при одновременном увеличении сахаристости корнеплодов на 0,11—0,33 %, озимой пшеницы — 0,32—0,47 т/га, капусты, картофеля и огурца — 4—5 т/га.

Используют следующие марганцевые удобрения: сульфат марганца (21—22 % марганца), марганцизированный гранулированный суперфосфат (1—2 % марганца) и отходы марганцеворудной промышленности — марганцевые шламы (9—15 % марганца в труднорастворимой форме).

Марганцевые шламы можно вносить до посева под основную обработку почвы (300—400 кг/га) или в почву при подкормках пропашных культур (50—100 кг/га). Марганцизированный суперфосфат используют в основном для припосевного внесения в рядки. Сульфат марганца — растворимая соль, ее применяют для предпосевной обработки (намачивания или опудривания) семян (50—100 г/ц семян) и для некорневой подкормки (0,05%-ный раствор соли при норме расхода 400—500 л/га).

Медные удобрения. Особенно бедны медью вновь освоенные низинные торфяники и заболоченные почвы с нейтральной или щелочной реакцией, а также дерново-глеевые почвы. Применение медных удобрений на этих почвах — непереносимое условие получения высоких урожаев. Зерновые культуры на торфяниках без медных удобрений дают ничтожные урожаи зерна (0,2—0,3 т/га), а при их внесении урожайность повышается до 2,5 т/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, капуста и рожь.

В качестве медных удобрений применяют главным образом пиритные огарки — отходы сернокислотной промышленности (0,25—0,6% меди), а также медный купорос $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (23 - 25 % меди). Пиритные огарки вносят 1 раз в 4-5 лет с осени под зяблевую обработку почвы (0,8—1,5 кг Си на 1 га) или весной, не позднее чем за 10—15 дней до посева. Медный купорос можно применять для некорневой подкормки и предпосевного намачивания семян. Для подкормки 1 га посевов растворяют 200—300 г медного купороса в 400—500 л воды. Расход соли для предпосевной обработки — 50—100 г/ц семян. Предусмотрен также выпуск суперфосфата с добавкой меди (1,0 %). На торфяных почвах эффективно применение медно-калийных удобрений (57 % K_2O и 1 % Си в водорастворимой форме).

Цинковые удобрения. Недостаток цинка чаще всего проявляется у плодовых и цитрусовых культур на карбонатных почвах с нейтральной и слабощелочной реакцией. Среди полевых культур к недостатку цинка более чувствительны кукуруза, фасоль, соя, картофель и некоторые овощные растения. Валовое содержание цинка в почвах колеблется от 25 до 65 мг/кг почвы. Более подвижен и доступен растениям цинк в кислых почвах. Бедны им карбонатные почвы, особенно зафосфаченные, вследствие систематического применения высоких доз фосфорных удобрений. На этих почвах потребность в цинковых удобрениях возникает чаще.

К цинковым удобрениям относятся: сульфат цинка ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, содержащий 21—23% Zn), цинкосуперфосфат (0,1 % Zn в водорастворимой форме) и отходы промышленности, в частности шлаки медеплавильных заводов (2—7 % Zn).

Доза внесения шлаков в почву чаще всего составляет 50—150 кг/га. Сульфат цинка применяют для некорневой подкормки (100—150 г соли на 1 га в виде водного раствора) и предпосевной обработки семян (50—100 г соли на 1 ц семян). Для подкормки плодовых деревьев их опрыскивают весной по распустившимся почкам раствором сульфата цинка (200—500 г на 100 л воды) с добавлением 0,2—0,5 % гашеной извести для его нейтрализации во избежание ожогов листьев. Обогащенный цинком суперфосфат вносят (100—150 г соли на 1 га в виде водного раствора) в почву при посеве и реже — как основное удобрение.

Потребность различных сельскохозяйственных культур в отдельных микроэлементах на разных почвах неодинакова. Хорошо окультуренные систематически удобряемые навозом почвы обычно содержат достаточное количество подвижных форм микроэлементов и поэтому на них не требуется внесение 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 и они дают низкий урожай плохого качества. В этом случае применение соответствующих микроудобрений устраняет заболевания 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 устойчивость к засухе, высоким и низким температурам, снижается поражаемость болезнями и повреждаемость вредителями. С недостатком микроэлементов часто связаны многие заболевания животных и людей.

Недостаток в почве отдельных микроэлементов можно обнаружить при появлении специфических внешних признаков растений. Однако на практике чаще приходится встречаться с менее острым недостатком микроэлементов, когда четких внешних признаков не наблюдается, но рост, развитие растений угнетаются и они дают низкие урожаи. Поэтому потребность в применении микроудобрений определяется по результатам агрохимического обследования почв на содержание доступных для растений форм микроэлементов. С еще большей уверенностью необходимости внесения микроудобрений в конкретных почвенно-климатических условиях можно судить по результатам полевых опытов.

Более высокая эффективность применения микроудобрений наблюдается, как правило, при хорошей обеспеченности растений основными элементами питания — азотом, фосфором и калием. В то же время применение необходимых микроэлементов значительно повышает действие азотных, фосфорных и калийных удобрений. При внесении микроэлементов растения лучше используют питательные элементы из почвы и минеральных удобрений.

Потребность сельского хозяйства в микроудобрениях частично удовлетворяют за счет производства обогащенных микроэлементами основных форм простых и комплексных минеральных макроудобрений. Полевые испытания показывают высокую эффективность микроудобрений, однако их нужно использовать только там, где соответствующий микроэлемент действительно необходим, и под культуры, особенно требовательные к их внесению.

Ненужное или избыточное применение микроудобрений может привести к накоплению микроэлементов в почвах и сельскохозяйственной продукции, вызвать негативные экологические последствия. С этих позиций наиболее экономичными и экологически безопасными способами применения микроэлементов являются предпосевная обработка семян, некорневые подкормки (с небольшим расходом водорастворимых солей) и рядковое внесение макроудобрений, содержащих микроэлементы.

Агрохимическая служба России выполняет большой объем полевых исследований и аналитических работ для разработки научно обоснованных градаций обеспеченности почв различных зон страны отдельными микроэлементами и рекомендаций по применению микроудобрений в севооборотах с учетом состава возделываемых культур.

Микроудобрения можно использовать только в том случае, если их применение оправдано как с агрономической, так и экономической точек зрения и под наиболее требовательные к соответствующим элементам культуры. В целом применение микроудобрений в условиях недостатка доступных форм микроэлементов в почвах весьма выгодно. Микроудобрения обеспечивают рост урожаев в среднем на 10—12 % и улучшают качество продукции. При использовании одновременно нескольких микроэлементов их положительное действие на урожай нередко ослабляется. Чаще всего оправдано сочетание, например, бора и молибдена под бобовые и овощные культуры, бора и марганца под корнеплоды. В то же время совместное применение меди и молибдена дает положительный эффект только на бедных или легких почвах.

Строго дифференцированное, с учетом обеспеченности почв и потребности растений, применение микроудобрений — важное звено технологии возделывания сельскохозяйственных культур, позволяющее увеличивать производство высококачественной продукции.

5. КОМПЛЕКСНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Комплексными называются минеральные удобрения, содержащие не менее двух главных питательных элементов. Их подразделяют на двойные (например, азотно-фосфорные, азотно-калийные или фосфорно-калийные) и тройные (азотно-фосфорно-калийные или азофоски).

По составу и способу производства комплексные удобрения делят на сложные, сложносмешанные (комбинированные) и смешанные.

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-аммоний-фосфат

(MgNH_4PO_4). Соотношение между питательными элементами в этих удобрениях определяется их формулой. В последние годы термином «сложные удобрения» обозначают все комплексные твердые и жидкие минеральные удобрения (независимо от способов получения), в которых все растворы, частицы, кристаллы или гранулы имеют одинаковый или близкий химический состав.

К *сложно-смешанным 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 разных химических соединений. Их производят с помощью специальной как химической, так и физической обработок первичного сырья или различных одно- и двухкомпонентных удобрений. К таким удобрениям относятся нитрофос и нитрофоска, нитроаммофос и нитроаммофоска, полифосфаты аммония и калия, карбоаммофосы, фосфорно-калийные прессованные удобрения, жидкие комплексные удобрения (ЖКУ). Соотношение между элементами питания в этих удобрениях определяется количеством исходных материалов при их получении.

Для сложных и сложно-смешанных удобрений характерны высокая концентрация основных питательных элементов и отсутствие либо малое количество балластных веществ, что позволяет уменьшить общую физическую массу минеральных удобрений и объем их перевозок, а следовательно, значительно снизить расходы на их транспортировку, хранение и внесение в почву.

Расчеты показывают, что увеличение концентрации питательных веществ в удобрениях на 10 % снижает транспортные перевозки в целом по стране на 5 млн ткм в год. Агрономическая эффективность равных доз питательных веществ в составе комплексных и смеси односторонних удобрений практически одинакова с некоторым преимуществом комплексных за счет более равномерного распределения питательных веществ в почве и лучшей их доступности корневой системе растения. В то же время затраты на подготовку и применение односторонних удобрений при их раздельном внесении в 1,5—2 раза выше, чем комплексных. Однако соотношение между отдельными питательными элементами в составе комплексных удобрений не всегда соответствует потребностям культур при выращивании на почвах с различной обеспеченностью этими элементами. Поэтому нередко необходимо дополнять применение комплексных удобрений внесением односторонних удобрений либо использовать тукоsmешение.

Смешанные удобрения — это смеси простых и сложных удобрений, получаемые в заводских условиях либо на тукоsmесительных установках на местах использования удобрений путем сухого или мокрого смешивания.

5.1 СЛОЖНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Аммофос ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) и диаммофос [$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$]. Получают нейтрализацией ортофосфорной кислоты аммиаком. Удобрения мало гигроскопичны, хорошо растворимы в воде.

В аммофосе содержится 9—11 % N и от 42 до 50 % P_2O_5 , т. е. соотношение N : P_2O_5 в удобрении чрезмерно широкое (азота в 4 раза меньше, чем фосфора). В диаммофосе может содержаться 19—21% N и 49—53% P_2O_5 , соотношение N : P_2O_5 составляет 1:2,5. Это высококонцентрированные удобрения, содержащие азот и фосфор в хорошо усвояемой растениями, преимущественно водорастворимой форме.

Аммофос и диаммофос используют в качестве основного удобрения, в рядки при посеве под все культуры и в подкормку для внутривпочвенного внесения под пропашные — технические и овощные культуры. Благодаря хорошим физическим свойствам и высокой концентрации питательных веществ они служат хорошим компонентом для тукоsmесей. Производят также трехкомпонентные сложно-смешанные комплексные удобрения на основе аммо-фосов с добавлением хлористого калия. Например, ОАО «Череповец» выпускает диаммофоску с содержанием питательных элементов (N-P-K) 10-26-26.

Магний-аммонийфосфат, MgNH_4PO_4 . Тройное сложное удобрение, содержащее 10—11 % азота, 39—40 — доступного фосфора и 15—16 % магния. Удобрение слабо растворимо в воде, медленнодействующее. Однако N, P и Mg, входящие в удобрение, доступны для растений. Его можно вносить как основное удобрение под все культуры в больших дозах без вреда для растений. Оно эффективно при выращивании овощей в защищенном грунте.

Калийная селитра (нитрат калия), KNO_3 . Содержит около 13 % азота и 46 % калия. Благодаря отличным физическим свойствам калийная селитра пригодна как для приготовления смешанных удобрений, так и для непосредственного внесения в почву.

Удобрение не содержит хлора и поэтому дает хороший эффект при внесении под картофель, виноград и другие культуры, чувствительные к этому элементу. Применение калийной селитры перспективно в овощеводстве защищенного грунта.

Метафосфат аммония (NH_4PO_2 , содержит 14 % азота и 32 % фосфора) и метафосфат калия (KPO_3 , содержит 60 % фосфора и 40 % калия). Они также имеют два основных элемента питания в составе одного химического соединения. Удобрения не растворимы в воде. Поэтому элементы питания не выщелачиваются из почвы, но благодаря гидролизу постепенно переходят в доступное для

растений состояние. Смеси, приготовленные на метафосфатах аммония и калия, имеют удовлетворительные физические свойства. Удобрения целесообразно применять под культуры, отрицательно реагирующие на хлор.

5.2 СЛОЖНО-СМЕШАННЫЕ, ИЛИ КОМБИНИРОВАННЫЕ УДОБРЕНИЯ

Нитрофосы и нитрофоски получают разложением апатита или фосфорита азотной кислотой.

Нитрофосы (нитрофосфаты). Содержат 20—24 % азота и 14—12 % фосфора, при этом весь азот и половина фосфора находятся в водорастворимой форме.

Нитрофоски. Тройные удобрения, получаемые при добавлении хлорида калия к нитрофосам.

В нитрофосках азот и калий содержатся в форме легкорастворимых соединений (NH_4NO_3 , NH_4Cl , KNO_3 , KCl), а фосфор — в виде дикальцийфосфата, не растворимого в воде, но доступного для растений, и частично в форме водорастворимого фосфата аммония и монокальцийфосфата. В зависимости от технологической схемы получения удобрения содержание в нитрофосках водорастворимого и нитраторастворимого фосфора может изменяться.

Содержание питательных элементов в нитрофосках может колебаться от 35 до 50 %, в том числе N — 10—17, P_2O_5 — 8—30 и K_2O — 12—20%.

В нашей стране выпускают гранулированные нитрофоски с содержанием питательных элементов (N—P—K) 16—16—16, 12—12—12 и 11—10—11 и долей водорастворимого фосфора не менее 55%.

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

Нитрофоски имеют определенное соотношение между азотом, фосфором и калием, а так как разные почвы различаются по содержанию отдельных питательных элементов и потребности в них растений, то при внесении нитрофосок (как и других сложных и сложно-смешанных удобрений) часто возникает необходимость в дополнительном внесении того или иного недостающего элемента в виде простых удобрений.

Нитроаммофосы и нитроаммофоски. Получают при нейтрализации аммиаком смеси азотной и фосфорной кислот. Удобрение, производимое на основе моноаммонийфосфата, называют нитроаммофосом; при введении калия — нитроаммофоской. Эти комплексные удобрения отличаются высоким содержанием питательных элементов, причем при их получении имеется широкая возможность для изменения соотношения N : P_2O_5 : K_2O в их составе. Нитроаммофосы могут выпускаться с содержанием N 10—30 % и P_2O_5 27—14 %. В нитроаммофосках (NPK-удобрениях) общее содержание питательных веществ составляет 51 % (в марках А 17—17—17 и Б 13—19—19). Питательные элементы, не только весь азот и калий, но и фосфор (около 90 %), содержатся в водорастворимой форме и легкодоступны растениям.

Карбоаммофосы. Содержат азот в амидной и аммиачной формах, фосфор находится в водорастворимой форме. Их производство основано на способности мочевины образовывать комплексные соединения с фосфорной кислотой или аммо- и диаммофосом. Удобрения могут содержать 24—48 % N и 48—18 % P_2O_5 .

Карбоаммофоски. Тройное комбинированное удобрение, для получения которого вводят хлористый калий. Суммарное содержание питательных элементов в карбоаммофосках — до 60 %. Карбоаммофоски выпускают со следующим соотношением N : P : K — 1:1:1; 1,5 : 1:1; 2:1:1 и 1:1,5 : 1.

Полифосфаты аммония. Получают путем нейтрализации аммиаком полифосфорной кислоты. Удобрение содержит 17 % N и 60 % P_2O_5 , обладает хорошими физическими свойствами, его можно применять под все культуры. Полифосфат аммония — хороший компонент для тукосмесей и приготовления ЖКУ. На основе суперфосфорной кислоты можно производить и другие сложные твердые удобрения, например полифосфат калия с содержанием 57% P_2O_5 и 37% K_2O , а также жидкие высококонцентрированные комплексные удобрения.

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

Общее содержание питательных элементов в ЖКУ на основе ортофосфорной 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 составляет 5—10 %, P_2O_5 — 5—14 и K_2O — 6—10 %. В нашей стране выпускают ЖКУ с соотношением питательных веществ в основном 9 : 9 : 9, а также 7 : 14 : 7; 6 : 18 : 6; 8 : 24 : 0 и др.

На основе полифосфорной кислоты получают ЖКУ с более высоким общим содержанием питательных элементов (более 40 %), в частности удобрения состава 10 : 34 : 0 и 11 : 37 : 0, образуемые при насыщении суперфосфорной кислоты аммиаком. Эти «базисные» удобрения используют для по-

лучения тройных ЖКУ различного состава, добавляя к ним растворы мочевины и аммиачной селитры (КАС) и хлористый калий.

Для повышения концентрации питательных элементов в ЖКУ используют стабилизирующие добавки к ним — 2—3 % коллоидной глины или торфа. Эти удобрения называют *суспендированными*. Базисное суспендированное удобрение имеет состав 12 : 40 : 0, на его основе можно готовить тройные ЖКУ различных составов (15:15:15; 10:30:10; 9:27:13 и др.). Коллоидная глина или торф удерживают соли от выпадения в осадок.

ЖКУ по эффективности не уступают смеси твердых односторонних туков и комплексным удобрениям типа нитроаммофоски. Их применение особенно эффективно на карбонатных почвах. Для перевозки, хранения и внесения ЖКУ необходим комплекс специального оборудования. Вносить их можно теми же способами, что и твердые: сплошным распределением по поверхности почвы под вспашку и культивацию, локально внутривпочвенно в основное удобрение, а также в подкормки — при междурядной обработке пропашных или поверхностно в посевах многолетних трав. ЖКУ содержат все питательные элементы в водорастворимой легкодоступной для растений форме.

Сложно-смешанные гранулированные удобрения. Получают 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 промышленные сложно-смешанные гранулированные удобрения имеют различное соотношение питательных элементов при общем содержании их от 25 до 60 %.

Освоен выпуск новых высококонцентрированных комплексных удобрений: азофоски с различными добавками (в том числе серосодержащими), диаммофоски, нитродиамофоски и аммофосфата, которые уже поставляются на внутренний рынок.

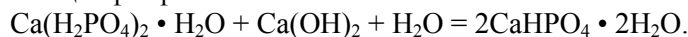
5.3. СМЕШАННЫЕ УДОБРЕНИЯ

Смешанные удобрения получают путем механического смешивания готовых односторонних или комплексных негранулированных или гранулированных удобрений на специальных тукосмесительных заводах, на крупных механизированных складах агрохимической службы или непосредственно в хозяйствах. При этом достигается значительная экономия труда и времени на внесение удобрений по сравнению с отдельным применением и повышается их эффективность. Смешанные удобрения вносят в один след и они при схожем гранулированном составе равномерно распределяются по полю или в зоне локального внесения, при этом все представленные в смеси элементы питания находятся в общих очагах.

Тукосмеси готовят разного состава с неодинаковым 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 фиксированным содержанием питательных элементов, не всегда подходящим для определенной культуры и почвы. 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 (рис. 12).

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

Например, $2\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$. При смешивании суперфосфата с известью растворимая в воде соль монокальцийфосфат переходит в нерастворимую форму — в ди- или трикальцийфосфат



При заблаговременном смешивании аммиачной селитры с суперфосфатом получают мажущую смесь, неудобную для посева, которая при хранении 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 хорошая рассеиваемость смеси сохраняется при хранении ее даже в течение 4—5 мес.

Приготовленные смеси минеральных удобрений должны обладать хорошими физико-механическими свойствами — не слеживаться, не расслаиваться при транспортировке и внесении. Физические свойства и рассеиваемость смесей резко улучшаются при смешивании гранулированных удобрений, особенно с близкими размерами гранул.

Согласно агротехническим требованиям к тукосмешению, исходные компоненты должны иметь влажность не выше (%): аммиачная селитра — 0,3, мочевины — 0,2, суперфосфат — 4, аммофос—1, гранулированный хлористый калий—1,2; свободная кислотность суперфосфатов должна быть не более 1 % (в пересчете на P₂O₅). В отдельных пробах готовой смеси удобрений (берут 10 проб по 50 г) среднее отклонение от заданного соотношения не должно превышать ± 10 %. Дозирующее устройство должно обеспечивать подачу каждого компонента с отклонением не более 3 % от заданного количества.

Приготовление тукосмесей необходимо проводить с учетом потребности отдельных культур в определенном соотношении питательных элементов (N : P₂O₅ : K₂O), а также свойств почвы и способов внесения удобрений (основное, припосевное, подкормка). Для приготовления тукосмесей с высоким общим содержанием питательных веществ и хорошими физическими свойствами необходимо использовать в первую очередь мочевины или аммиачную селитру, суперфосфат двойной и аммонизированный или аммофос, гранулированный хлористый калий.

Механизированное приготовление и внесение тукосмесей дают больший экономический эффект по сравнению с раздельным применением односторонних удобрений.

На товарных базах агрохимической службы и межхозяйственных пунктах химизации для дозирования и смешивания простых (односторонних) удобрений используют тукосмесительную установку УТС-30 в агрегате с ленточным транспортером ПКС-80, смеситель-загрузчик СЗУ-20 в комплексе с фронтальным погрузчиком ПФ-0,75, а также установки, изготовленные на базе кузовных разбрасывателей.

Как уже отмечалось, в настоящее время на заводах России осуществляют крупнотоннажное производство главным образом односторонних минеральных удобрений (аммиачная селитра, мочевины, хлористый калий), аммофоса и нитрофоски. Сухое тукосмешение, как показывает мировой и отечественный опыт, позволяет создавать широкий ассортимент удобрений с любым необходимым соотношением основных питательных веществ и микроэлементов. Например, предприятие АО «Уральский» выпускает под названием «аммофоскарид» удобрительную смесь из гранулированных аммофоса, мочевины и хлористого калия с содержанием каждого из основных элементов питания (NPK) не менее 15 %. По требованию потребителя удобрительная смесь может выпускаться с любым соотношением питательных веществ (1:1:1; 0:0:1; 1:1: 1,7; 0,6:1: 2; 0,5; 1 : 1; 0 : 1 : 1,8), а также при необходимости с добавлением магния и микроэлементов.

Однако централизованная система сухого тукосмешения в России пока практически отсутствует. Предполагается создание в основных сельскохозяйственных регионах России сети (35— 40 установок) тукосмесительных станций. В дальнейшем планируется выпуск других разнообразных смесей, содержащих микроэлементы. Выпускаемые смеси пользуются большим спросом у сельскохозяйственных производителей, поскольку учитывают конкретный тип почвы, неодинаковую обеспеченность почв отдельных полей элементами питания и различную требовательность в них возделываемых сельскохозяйственных культур.

Комплексные удобрения мелкотоварного производства. Создание небольших фермерских хозяйств и широкое развитие коллективного и частного огородничества и садоводства привели к возникновению в нашей стране отечественной «малой химии» удобрений, а также появлению на внутреннем рынке разнообразных удобрительных зарубежных препаратов. При различных крупных производствах минеральных удобрений, других химических заводах начали выпускать традиционные удобрения в мелкой упаковке, а также широкий ассортимент продуктов мелкотоварного производства (менее 10 тыс. т) и товаров народного потребления для оптовой и розничной торговли. Они представляют собой различные твердые и жидкие, таблетированные и суспензированные минеральные удобрения, питательные смеси общего назначения и для отдельных видов растений. Их торговые названия не всегда полно и достоверно отражают состав и свойства продукта.

Хотя все допускаемые к продаже товары проходят сертификацию и регистрацию с целью соответствия ГОСТам и безопасности, это не всегда служит гарантией получения обещаемого рекламными проспектами эффекта.

Тема 2.3. Виды органических удобрений. Их состав, свойства и применение. Компьютерная презентация – 1 часа.

Органические удобрения — не только важный источник элементов питания и углерода для растений и почвенных микроорганизмов, но и средство улучшения агрономических свойств почвы и пополнения запаса в ней гумуса — одного из основных факторов почвенного плодородия, биогенности почвы. К ним относятся навоз, торф, навозная жижа, птичий помет, фекалии, различные компосты, зеленое удобрение. Органические удобрения содержат азот, фосфор, калий, кальций и другие элементы питания растений, а также органическое вещество, которое положительно влияет на свойства почвы.

Содержание азота, фосфора и калия в органических удобрениях по сравнению с минеральными невысокое, поэтому их не перевозят на далекие расстояния, а используют на месте получения и называют местными удобрениями.

Применение навоза и других органических удобрений позволяет повторно вовлекать в круговорот питательных веществ в земледелии часть элементов питания, ранее отчужденных из почвы с урожаем сельскохозяйственных культур, с растительными кормами и пищевой продукцией.

Органическое вещество почвы служит регулятором расходования питательных элементов, предотвращает их потери и повышает эффективность минеральных удобрений, сглаживает возможные негативные последствия применения удобрений, выполняет санитарно-гигиеническую роль в охране биосферы. Наиболее полное использование имеющихся ресурсов органических удобрений необходимо для сохранения плодородия почвы, повышения устойчивости агроэкосистем и продуктивности агроценозов.

Основным органическим удобрением является навоз.

1. НАВОЗ

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

1.1 подстилочный навоз

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

Количество и соотношение твердых и жидких выделений животных и их состав значительно различаются у отдельных видов скота. У лошадей твердых выделений в 3,5 раза больше, чем жидких, у овец и крупного рогатого скота — в 2,5 раза, а у свиней, наоборот, жидких выделений в 2 раза больше, чем твердых.

Твердые и жидкие выделения животных неравноценны по составу и удобрительным качествам. В жидких выделениях азота больше, чем в твердых, а фосфора, наоборот, значительно больше в твердых выделениях. Основное количество фосфора, выделяемого из организма животных, находится в кале, а большая часть калия и от 1/2 до 2/3 азота — в жидких выделениях. Азот и фосфор в твердых выделениях содержатся в составе органических соединений и переходят в доступную для растений форму после минерализации. В жидких выделениях элементы питания растений находятся в растворимой, легкодоступной форме.

Навоз лошадей и овец содержит меньше воды и больше органического вещества, а также азота и фосфора, чем навоз крупного рогатого скота и свиней.

На состав и соотношение твердых и жидких выделений животных влияют количество и качество потребляемых кормов. Чем больше скармливается сочных кормов и выше их влажность, тем больше жидких выделений. Чем корм переваримее, тем меньше сухого вещества содержится в твердых выделениях. При увеличении количества концентрированных кормов содержание в навозе азота и фосфора возрастает. 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, что 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 культур и торф или торфяную крошку, режу — древесные стружки и опилки. Средние суточные нормы подстилки соломы злаковых культур и мохового торфа на одну голову составляют соответственно (кг): 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 его хранении.

Чаще всего для подстилки используют солому в виде резки длиной 9—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. Потери азота из такого навоза уменьшаются почти в 2 раза, а эффективность повышается примерно в 1,5 раза.

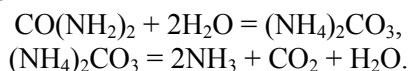
Ценный подстилочный материал — торф, который содержит в 3—4 раза больше азота, чем солома. Он обладает значительно большей поглощательной способностью — почти полностью поглощает мочу и образующийся при ее разложении аммиак.

Для подстилки лучше использовать слаборазложившийся (содержащий менее 20 % гумифицированных органических веществ) верховой (моховой) торф влажностью 30—40 %. При использовании в

качестве подстилки более разложившегося низинного торфа его берут в удвоенном количестве и во избежание загрязнения животных застилают сверху слоем соломы. Навоз на торфяной подстилке содержит меньше калия, но больше общего и аммонийного азота, чем на соломенной подстилке. Эффективность его значительно выше, особенно на дерново-подзолистых почвах.

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

Хранение подстильного навоза. Количество и качество навоза в значительной 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 основной источник потерь азота из навоза. Мочевина под действием фермента уреазы, выделяемого уробактериями, превращается в карбонат аммония, который легко распадается на аммиак, диоксид углерода и воду:



Азотистые соединения твердых выделений и подстилки представлены в основном белковыми веществами и очень медленно разлагаются с образованием аммиака. Безазотистые органические вещества навоза представлены в основном клетчаткой и другими легче разлагающимися соединениями углерода. Чем соломистее навоз, тем больше в нем безазотистых органических веществ. При доступе воздуха разложение их происходит до диоксида углерода и воды и сопровождается повышением температуры навоза до 50 - 70 °С. В анаэробных условиях клетчатка разлагается с образованием диоксида углерода и метана. При большем содержании в навозе легко разлагающихся органических веществ и лучшем доступе воздуха разложение его протекает интенсивнее.

В зависимости от условий хранения разложение навоза происходит с разной интенсивностью и навоз получается неодинакового качества. Существуют плотный, рыхлый и рыхлоплотный способы хранения навоза.

При *плотном*, или *холодном*, хранении навоз укладывают слоями шириной 3—4 см 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 невысокая (20-30 °С), доступ воздуха в него ограничен, свободные от воды поры заняты диоксидом углерода. В результате 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 аммонийного 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 быстрее, но неравномерно, удобрительное качество его снижается.

При *рыхлоплотном* (*горячем*) хранении навоз укладывают сначала рыхлым слоем высотой 0,8—1 м. При такой укладке микробиологические процессы протекают в условиях хорошего доступа воздуха, происходит разложение органического вещества навоза, температура поднимается до 60—70 °С и наблюдаются значительные потери азота. Затем навоз тщательно уплотняют, при этом доступ воздуха внутрь штабеля прекращается, температура снижается до 30—35 °С, аэробные условия разложения сменяются анаэробными, потери органического вещества и азота уменьшаются. На первый слой навоза в том же порядке накладывают второй, затем третий и так до тех пор, пока высота штабеля не достигнет 2—3 м. В плотном состоянии навоз хранят до вывозки в поле.

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

Рыхлоплотный способ хранения можно рекомендовать только, если применяют большое количество подстилки и навоз получается солоmistый. Такой способ хранения используют также, если внести его нужно весной под яровые или пропашные культуры, а также если необходимо провести обеззараживание навоза.

Потери азота при разложении навоза во время хранения значительно сокращаются при добавлении к нему (при укладке в штабеля) фосфоритной муки — 2—3 % массы навоза. При компостировании с фосфоритной мукой навоз обогащается фосфором, разложение органического вещества ускоряется, в компосте накапливается значительное количество гумусовых веществ. Навозно-фосфоритный компост созревает за 2—3 мес в весенне-летнее время и за 3—4 мес зимой. В процессе разложения навоза микроорганизмами под действием образующегося CO₂ и органических кислот фосфор фосфоритной муки переходит в доступную для растений форму. Одновременно происходит связывание выделяющегося из навоза аммиака с образованием NH₄H₂PO₄, и потери его сокращаются.

Для хранения навоза в хозяйстве необходимо иметь навозохранилище (наземного или котлованного типа) с жижеборником.

В северных районах при высоком уровне грунтовых вод навозохранилища устраивают на поверхности земли с боковыми бортами из камня, кирпича или других материалов. В южных и юго-восточных засушливых районах, где навоз подсыхает, рекомендуют навозохранилища котлованного типа глубиной до 1 м. Навозохранилища располагают на возвышенных местах на расстоянии не менее 50 м от скотных дворов и свыше 200 м от жилых построек. Основное требование при постройке навозохранилища — устройство прочного и водонепроницаемого дна, лучше всего цементированного или асфальтированного. Размеры навозохранилища зависят от поголовья скота, продолжительности хранения и от того, какое количество навоза можно вывезти 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. Вместимость жижеборников зависит от объема навозохранилища — около 2 м³ на 100 м² площади навозохранилища.

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

Весь навоз, который нельзя сразу вывести в поле и сложить там в штабеля, необходимо складывать в навозохранилище. Навоз надо укладывать вдоль длинной стороны навозохранилища большими правильными штабелями шириной 2—3 м, тесно примыкающими друг к другу. При такой укладке потери азота меньше и навоз разделяется по степени разложения: в одной стороне навозохранилища навоз более разложившийся, в другой — менее. Штабеля покрывают сверху торфом или землей слоем 15—20 см. Ежегодно около 70 % накапливаемого в хозяйствах навоза вывозят зимой в поле. Навоз в поле необходимо укладывать в большие, хорошо уплотненные штабеля (по 40—60 т) шириной 3—4 и высотой 1,5—2 м.

Для закладки штабеля выбирают высокое сухое место, очищают его от снега и для поглощения жижи, которая выделяется при разложении навоза, укладывают слой (20—30 см) торфа или соломенной резки. Чтобы навоз не замерзал, укладку каждого штабеля необходимо осуществлять за 1—2 дня. Уложенный в штабель навоз с боков и сверху тщательно оправляют, чтобы стенки были отвесные, а верх имел покатость для стока воды. Сверху штабель покрывают слоем торфа толщиной 15—20 см.

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

Качество навоза во многом 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 (процентное) содержание азота, фосфора и калия выше, чем в полуперепревшем, однако из 20 т свежего навоза получают 17—14 т полуперепревшего, 10 — перепревшего и 5—7 т перегноя. Общее содержание азота в этой массе навоза разной степени разложения составляет 104 кг в свежем навозе, 84—102 — в полуперепревшем, 66 — в перепревшем и 37—51 кг в перегное. Таким образом, в перепревшем навозе и перегное теряется больше азота, соответственно около 40 и 60 % исходного количества, тогда как в полуперепревшем — только около 15 %.

Не рекомендуют 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 до посева может привести к снижению урожая первой культуры. Кроме того, свежий навоз содержит большое количество семян сорных растений, а также вызывает излишнюю аэрацию почвы, вредную для засушливых районов.

Наиболее рационально применение навоза в полуперепревшем состоянии, в котором лучше сохраняется азот, особенно аммонийный, и содержится больше органического вещества, чем в хорошо перепревшем навозе.

Фактическое количество навоза на скотных дворах в навозохранилищах и штабелях определяется по занятому им объему и массе 1 м³ навоза. Примерная масса 1 м³ свежего рыхлосложенного и уп-

лотненного навоза составляет соответственно около 300 и 500 кг, полуперепревшего — 700—800, а сильноразложившегося — 800—900 кг.

Действие навоза на почву и растения. Полуперепревший подстилочный навоз благодаря большому содержанию органического вещества положительно влияет на физические, физико-химические и биологические свойства почвы. При систематическом его внесении увеличивается содержание гумуса и общего азота в почве, снижаются обменная и гидrolитическая кислотность, уменьшается содержание в почве подвижных форм алюминия и марганца, повышается степень насыщенности основаниями. Песчаные и супесчаные почвы становятся более связными, повышаются их поглотительная способность и буферность, что способствует сохранению в них влаги и питательных веществ. Глинистые почвы под действием навоза приобретают большую рыхлость, становятся проницаемыми для воды и воздуха, легче поддаются обработке.

При систематическом внесении навоза не только снижается кислотность почвы (с 30—40 т навоза 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 выделяющийся при разложении навоза диоксид углерода. 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 питания 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. Принято считать, что в 1 т полуперепревшего навоза содержится 4—5 кг азота, 2—2,5 — фосфора и 5—7 кг калия, однако фактическое содержание этих элементов может варьировать в широких пределах. Доступность отдельных питательных веществ навоза зависит от его качества, а также от почвенно-климатических условий.

Коэффициент использования азота из полуперепревшего навоза первой культурой зависит от содержания в нем аммонийного азота и составляет в среднем 20—30 % общего количества азота. В первый год растения усваивают главным образом аммонийный азот. В твердых выделениях животных и подстилке азот находится в форме органических соединений, которые медленно минерализуются в почве и в первый год слабо используются растениями.

В жидких выделениях азот содержится преимущественно в форме растворимых соединений, легко превращающихся в аммиак. Поэтому чем больше жидких выделений поглощается подстилкой, тем богаче навоз аммонийным азотом и тем выше действие такого навоза в первый год после внесения. Навоз на торфяной подстилке обычно содержит больше аммонийного азота, поэтому и эффективность его в первый год выше, чем навоза на соломенной подстилке.

Коэффициент использования первой культурой фосфора и особенно калия из навоза выше, чем азота. Усвоение растениями фосфора в первый год составляет 30—40 %, а калия 60—70 % общего содержания их в навозе. Из навоза в первый год лучше всего используется калий. Общее содержание калия в навозе также выше, чем азота и особенно фосфора. По сравнению с минеральными удобрениями азот навоза усваивается растениями в первый год хуже, фосфор — лучше (почти в 2 раза, чем фосфор суперфосфата при разбросном внесении), а калий — примерно так же.

При внесении навоза прежде всего обеспечивается калийное питание растений. Однако удобрительное действие навоза определяется главным образом 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 обычно составляет соответственно 15—20; 10—15 и 10—15 %, третьей — 10—15; 5—10 и 0—10 %. Использование питательных веществ навоза за ротацию севооборота (с учетом последствия) составляет: азота — 50—60 %, фосфора — 50—60 и калия — 80—90 %, что близко к использованию соответствующих питательных веществ из минеральных удобрений. При внесении навоза и минеральных удобрений в эквивалентных количествах по валовому содержанию питательных веществ суммарные прибавки урожаев всех культур за ряд лет (за одну ротацию севооборота и более) оказываются довольно близкими.

Однако урожай одних культур (клевер, пшеница, свекла) может быть выше по навозу, а других (рожь, овес, картофель) — по минеральным удобрениям. Преимущество навоза или минеральных удобрений для той или иной культуры зависит как от биологических особенностей растений, так и от свойств почвы. На кислых почвах, особенно при систематическом внесении физиологически кислых минеральных удобрений, преимущество имеет навоз, а на некислых почвах — минеральные удобрения или они равноценны навозу.

Эффективность навоза и особенности его применения в различных почвенно-климатических условиях. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур, особенно в Нечерноземной зоне, в значительной степени зависит от количества и качества применяемого навоза, правильности его хранения и использования. По данным научных учреждений зоны, дозы навоза 20—30 т/га дают в год внесения следующие прибавки урожая (т/га): зерновых — 0,6—0,7, картофеля — 6—7, корнеплодов и силосных культур — 15—20. Правильное использование навоза обеспечивает высокий эффект во всех зонах страны и на всех типах почв.

Навоз не только повышает урожай сельскохозяйственных культур в год внесения, но и оказывает значительное последствие. Опыты показывают, что 20—30 т навоза обеспечивают суммарную прибавку урожая 4—5 культур севооборота, равную в пересчете на зерно 2—3 т/га, т. е. каждые 10 т внесенного в почву навоза дают за время его действия прибавку урожая сельскохозяйственных культур, эквивалентную 1 т зерна.

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

На глинистых почвах навоз разлагается медленно, последствие его сказывается даже на 6—7-й год после внесения, на супесчаных почвах навоз разлагается быстрее и действие его не столь длительно — 3—4 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 его прямое действие выше, чем в Центрально-Черноземной, а последствие может быть ниже. В засушливых юго-восточных районах последствие часто превышает прямое действие на первую культуру.

Наиболее высокий эффект дает внесение навоза в северных, западных и центральных районах Нечерноземной зоны и на севере Центрально-Черноземной зоны, более обеспеченных влагой. Обычно доза навоза в этих районах составляет 30—40 т/га.

На легких песчаных и супесчаных почвах, где навоз быстрее разлагается и питательные вещества могут вымываться, лучше вносить меньше навоза, но чаще. Высокие прибавки урожая зерновых, сахарной свеклы и других культур дает внесение навоза на черноземных почвах и в дозе 20—30 т/га.

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

Дозы навоза зависят от его качества, а также удобряемой культуры. Под овощные и пропашные культуры (кукурузу, картофель, сахарную свеклу и др.) необходимо вносить более высокие дозы (40—50 т/га), чем под зерновые (20—30 т/га).

Для поддержания бездефицитного баланса гумуса на дерново-подзолистых суглинистых почвах на 1 га площади севооборота требуется 10—12 т навоза, на супесчаных — 12—15 т. Потребность в навозе возрастает в севооборотах без многолетних бобовых трав и с более высоким насыщением пропашными культурами. По данным академика РАСХН В. Г. Минеева, на серых лесных почвах, выщелоченных и типичных черноземах бездефицитный баланс гумуса достигается при их обеспеченности навозом 4—10 т/га (в зависимости от специализации севооборота), на черноземах степной зоны без орошения — 4—6 т/га, а при орошении дозу навоза увеличивают в 2—3 раза.

Наиболее рационально внесение навоза с минеральными удобрениями. При этом действие навоза и минеральных удобрений заметно возрастает. При совместном внесении половинных доз навоза и минеральных удобрений получают более высокие прибавки урожая (на 20—60 %), чем при раздельном применении полных доз этих удобрений. Объясняется это тем, что при совместном внесении создаются более благоприятные условия питания растений, чем при раздельном. За счет минеральных удобрений обеспечивается питание растений в начальный период вегетации, а навоз, постепенно разлагаясь в почве, снабжает растения питательными веществами ко времени наибольшей потребности в них. Кроме того, вследствие уменьшения вдвое дозы 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 разбросать 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 обработку почвы. Это особенно важно для засушливых районов. В Нечерноземной зоне хороший полуперепревший навоз под пропашные культуры позднего посева можно вносить также весной под перепашку зяби.

В зависимости от почвенных и климатических условий глубина заправки навоза может колебаться от 12 до 22 см. В засушливых районах необходимо более глубоко заделывать навоз, 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 применять прежде всего 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 возможны 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.

1.2 бесподстилочный навоз

Состав и выход навоза. При ограниченном использовании подстилочного материала (до 1 кг на корову в сутки) получается навоз 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 практикуют 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.

Количество и качество бесподстилочного навоза зависят от вида и возраста животного, 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 (0—35 л кала и 15—20 л мочи, 5 л технологических вод), от одной свиньи — 12 л/сут (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 увеличиться на 25%.

В зависимости от содержания воды бесподстилочный навоз бывает *полужидким* (смесь экскрементов 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. масса 1 м³ составляет 1 т. На крупных животноводческих комплексах выход бесподстилочного навоза при самосплаве составляет для комплексов на 1200 коров около 30 тыс. т в год, на 10 тыс. бычков — около 110 тыс., на 100 тыс. свиней — около 100 тыс. т. Использование такого громадного количества навоза возможно только при полной механизации и автоматизации всех процессов транспортировки, хранения и применения.

При дальнейшем разбавлении бесподстилочного навоза водой до 95%-ной влажности объем его увеличивается в 2 раза, а до 98%-ной — в 5 раз по сравнению с объемом экскрементов животных. При этом содержание сухого вещества в навозе снижается.

Применение системы прямого гидросмыва приводит к разбавлению навоза водой в 2—3 раза, соответственно возрастает потребность в емкостях для хранения и транспортных средствах для вывозки и внесения навоза. По мере разбавления навоза водой экономическое преимущество бесподстилочного содержания животных по сравнению с подстилочным утрачивается. Разбавление подстилочного 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 (%): сухого вещества — 10—11,5 и 9,8—10,5; азота — 0,40—0,43 и 0,5—0,7; фосфора — 0,28—0,20 и 0,40—0,25; калия — 0,45—0,50 и 0,21—0,24. При скармливании бычкам 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 культурами азота бесподстилочного навоза и действие его на урожай в год внесения выше, чем подстилочного, 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. Бесподстилочный навоз хранят в зависимости от почвенно-климатических и организационно-хозяйственных условий от 2 до 6 мес. Для этого необходимы прифермские и полевые хранилища. Емкость прифермских хранилищ закрытого типа должна составлять 25—40 % объема навоза, накапливаемого в течение 2—3 мес. Остальные 75—60 % навоза хранят в полевых навозохранилищах, представляющих собой открытые котлованы с пленочным покрытием дна и откосов, размещаемых в центре удобряемых массивов. Потери азота в закрытых и открытых хранилищах примерно одинаковые.

При хранении бесподстилочный навоз расслаивается. Сверху образуется плотный плавающий слой, снизу — 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. Прифермское хранилище имеет объем не более 3—5 тыс. м³. Дно и стены емкости должны быть хорошо гидроизолированы и устойчивы к агрессивному воздействию навоза, а дно иметь уклон к заборному устройству. Глубина и форма хранилища должны позволять проводить забор навоза насосами и перемешивать его. Закрытые емкости снабжают вентиляцией во избежание накопления в них метана, сероводорода, аммиака и других вредных газов, образующих взрывоопасные смеси.

Потери органического вещества и азота при хранении бесподстилочного навоза составляют соответственно при зимнем хранении 5—8 и 9—8 %, при летнем — 9—15 и 4—14 %. Это значительно меньше, чем при хранении подстилочного навоза. В бесподстилочном навозе процессы самосогревания не протекают, его температура не повышается (зимой и весной она составляет около 10 °С, летом 17 °С). При перемешивании бесподстилочного навоза один раз в неделю потери органического вещества и азота за 4,5 мес хранения увеличиваются почти вдвое, но они все же меньше, чем при хранении подстилочного навоза.

Жидкий навоз перед использованием на удобрение следует выдерживать 6 сут в карантинных емкостях, а при необходимости обеззараживать на очистных сооружениях, термической обработкой, специальными химическими препаратами. Наиболее доступно обеззараживание с помощью метанового брожения, при котором не происходит потеря органического вещества и азота и одновременно образуется горючий газ, который можно использовать как топливо. Недопустимо использование жидкого навоза для подкормок или дождевания овощных и плодовых культур.

Применение. Для транспортировки и внесения бесподстилочного навоза на поверхность почвы используют специальные цистерны-разбрасыватели. Их загрузку осуществляют фекальными насосами из карантинных емкостей или навозохранилищ.

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 представляет собой хорошее удобрение, которое хранят в навозохранилищах. твердую фракцию, имеющую влажность 65—67 %, укладывают в штабеля и используют для удобрения так же, как и подстилочный навоз.

Для снижения затрат на хранение, транспортировку и внесение жидкого навоза в условиях крупных животноводческих комплексов практикуют круглогодичное внесение бесподстилочного навоза на близлежащие (до 4 км) поля, прежде всего в кормовых севооборотах и для удобрения культурных сенокосов и пастбищ. Недопустимо применение жидкого навоза зимой на затопляемых площадях и склонах, где возможен смыл 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.

Бесподстилочный навоз целесообразно применять по разбросанной по полю измельченной соломе. После уборки зерновой культуры на 1 га обычно остается 5—7 т соломы, на которую вносят 80—100 т жидкого навоза. Солому измельчают и разбрасывают непосредственно при уборке зерновыми комбайнами или оставшуюся на поле измельчают и разбрасывают косилками измельчителями. Затем солому и внесенный навоз заделывают в почву на глубину пахотного слоя.

Рациональный способ использования бесподстилочного навоза — компостирование его с торфом, соломой, другими растительными остатками. Для приготовления компоста с соломой на 1 т ее берут 3—4 т бесподстилочного навоза.

На ровную грунтовую обвалованную с трех сторон площадку (одна торцовая сторона остается открытой) завозят солому, разравнивают и уплотняют ее. На соломенную подушку 0,7—10 м с по-

мощью цистерны-разбрасывателя наносят жидкий навоз. Затем из компостируемой массы формируют бурт, укрывают его землей или торфом и оставляют до созревания.

Эффективным и экологически безопасным приемом использования бесподстилочного навоза на удобрение является его внутрпочвенное внесение. Однако он не получил широкого распространения из-за отсутствия специальной техники и более высоких энергетических затрат.

2. НАВОЗНАЯ ЖИЖА

Навозная жижа — ценное быстродействующее азотно-калийное удобрение. Она 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 азота и калия 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 карбонат аммония [(NH₄)₂CO₃], а последний легко разлагается с образованием CO₂, H₂O и NH₃. При неправильном хранении навозной 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 быстро насыщается CO₂, образующимся при разложении мочи, и диссоциация [(NH₄)₂CO₃] с образованием аммиака задерживается. Потери азота сократятся еще больше, если поверхность жижи в жижесборнике покрыть тонким слоем нефти или отработанного масла.

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

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

Под зерновые культуры, картофель и корнеплоды в основное удобрение вносят 15—20 т/га навозной жижи, под овощные — 20—30 т/га. Поскольку жижа почти не содержит фосфора, целесообразно одновременно применять фосфорные удобрения.

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

Ранневесеннюю подкормку озимых и луговых трав проводят перед их боронованием — 4—5 т/га навозной жижи, разбавленной в 2—3 раза водой. В подкормку под пропашные и овощные культуры навозную жижу (5—10 т/га) вносят при помощи культиваторов растение-питателей на глубину 10—15 см в середину междурядий.

При поверхностном внесении навозной жижи до посева или в подкормку ее необходимо немедленно заделать в почву, чтобы сократить потери азота. Задержка с заделкой на 2—4 дня снижает эффективность жижи на 30—50 %.

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

3. ПТИЧИЙ ПОМЕТ

Птичий помет — полное быстродействующее удобрение, содержащее азот, фосфор и калий в легкодоступной для растений форме.

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

Азот в помете находится главным образом в форме мочевой кислоты, которая быстро разлагается с образованием аммиака. При неправильном хранении помета в результате улетучивания аммиака происходят большие потери азота, достигающие за 1,5—2 мес 50 % и более. 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. Подстилочный куриный помет имеет относительно невысокую влажность, сыпуч и может использоваться как обычный навоз в эквивалентных ему по содержанию азота дозах. При влажности 55 % 1 т помета содержит примерно 16 кг азота, 1,5 — фосфора (P₂O₅) и 8 кг калия (K₂O).

Бесподстилочный помет, получаемый при клеточном содержании кур-несушек, представляет собой липкую мажущуюся массу с крайне неприятным запахом. При влажности около 65 % он содержит в среднем 2,0% азота, из них 0,5 % аммонийного, 1,5 — фосфора и 0,5 % калия. Непосредственно для удобрения его не применяют (прежде всего из-за неблагоприятных физико-механических свойств). Поэтому такой помет идет в основном для приготовления компостов с торфом или соломой,

причем их берут столько, чтобы получилась достаточно рыхлая и сыпучая масса (обычно в соотношении 0,5—1,0:1,0). При отсутствии торфа можно пересыпать помет сухой перегнойной землей или перепревшим навозом, а также добавить к нему 7—10 % суперфосфата, который почти полностью связывает выделяющийся аммиак.

Хорошо сохраненный птичий помет — ценное удобрение, дающее высокие прибавки урожая сельскохозяйственных культур. Его можно применять под все культуры в качестве основного Удобрения — 2—5 т/га с заделкой под плуг, а также в меньших Дозах в подкормку озимых или пропашных культур с заделкой соответственно бороной и культиватором при междурядных обработках.

Доза сырого помета для подкормок составляет 0,8—1 т/га, для жидкой подкормки применяют вдвое меньшую дозу при разбавлении сухого помета водой в 6—7 раз.

4. ТОРФЯНЫЕ КОМПОСТЫ

Торф — важный, но невозобновляемый источник увеличения ресурсов органических удобрений. Его широко используют в подстилку и для приготовления различных компостов, тепличных и рас-садных грунтов. Поставка торфа сельскому хозяйству России в 90-е годы прошлого столетия достигла 140 млн. т. в год.

Расчеты показывают, что разведанные извлекаемые запасы торфа, особенно в европейской части страны, могут при нынешних масштабах добычи быть исчерпаны в течение жизни одного-двух поколений. Торфяные болота, как известно, играют исключительную экологическую роль в регуляции биоклиматических условий в масштабах планеты и прилегающих регионов. Торфяники являются уникальным созданием природы, позволяющим аккумулировать влагу и регулировать водный режим.

Запасы торфа в природе образуются 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.

Характеристика разных типов торфа. 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, с большим количеством органического вещества, но малой степенью его минерализации, обладают высокой погло-тительной способностью — 1 кг сухого торфа может поглотить 8—15 л влаги. Верховой слабо-разложившийся 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 со-леность 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. Погло-тительная 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. Их применяют для приготовления компостов, а также в подстилку животным.

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

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

Органическое вещество торфа очень устойчиво к микробиологическому разложению, минерали-зация органических соединений азота происходит очень медленно. Многие виды торфа имеют кис-лую реакцию, что также затрудняет разложение их в почве. Микроорганизмов в торфе из-за кислой реакции, недостатка растворимых форм азота и легкодоступных органических веществ очень мало. Поэтому использование на удобрение торфа в чистом виде малоэффективно и не оправдано с эконо-мической точки зрения. Это допустимо только по отношению к сильноразложившемуся высокосоле-ному низинному торфу с нейтральной реакцией вблизи мест его заготовки и торфу, богатому изве-стью (торфотуф) или фосфором (вивианитовый торф). Эффективность торфа повышается при компо-стировании с биологически активными органическими удобрениями — навозом, навозной жижей, фекалиями или с минеральными удобрениями — фосфоритной мукой, известью, золой и др.

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

Действие компоста еще более повышается при добавлении к нему 2—3% фосфоритной муки, а при использовании кислого торфа — 1—2% извести. Для компостирования с навозом необходимо использовать проветренный торф с влажностью 60—65%. Чем выше степень разложения торфа, тем больше для приготовления компоста можно брать торфа и меньше навоза. При закладке компоста зимой на одну часть навоза берут одну часть торфа, а при весенне-летней закладке — две-три части. Качество компоста выше при более узком соотношении между торфом и навозом.

Торфонавозные компосты следует готовить в поле на месте их применения, вблизи животноводческих ферм или в навозохранилище.

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

При зимней закладке лучше использовать *очаговый способ* компостирования — на торфяную подушку выгружают в два ряда навоз кучами в шахматном порядке (примерно с расстояния 1 м), промежутки между кучами навоза засыпают торфом и смесь укладывают с помощью бульдозера в бурты.

Летом компостирование можно проводить *площадочным способом* — на торфяную подушку слоем 25—30 см сгружают и равномерно распределяют навоз в необходимом количестве, затем за 2—3 прохода тяжелой дисковой бороны смесь перемешивают и сгребают бульдозером в штабеля, укрываемые слоем торфа. Уплотнение компоста в буртах и штабелях не проводят.

В зависимости от степени разложения торфа такие компосты созревают за 4—6 мес.

Торфожижевые компосты. Накапливающуюся в хозяйстве навозную жижу целесообразнее использовать для компостирования с торфом. При этом резко сокращаются потери азота из навозной жижи и повышается удобрительное качество торфа. Для компостирования с навозной жижей подходят все виды торфа, кроме известковых.

Торф укладывают в два сплошных смежных вала так, чтобы между ними образовалось корыто-видное углубление (толщина торфа в местах соприкосновения валов и с торцов 40—50 см), в которое заливают жижу. На 1 т проветренного торфа в зависимости от его влажности берут от 0,5 до 1 т навозной жижи. После впитывания жижи всю массу сгребают бульдозером 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, рекомендуют добавлять в компосты 0,5—1 % хлорида калия, так как хлор подавляет процесс нитрификации. Для обогащения компоста фосфором при компостировании добавляют фосфоритную муку (20—30 кг на 1 т компоста).

Торфожижевые компосты можно вносить через 1—1,5 мес после закладки. По эффективности они не уступают навозу.

Хорошо разложившийся торф, смешанный с навозной жижей или жидким навозом, можно сразу вносить в почву без компостирования.

Торфофекальные компосты. В 1 т фекалий содержится до 8—10 кг N, 2—4 кг P₂O₅ и 2—3 кг K₂O. Азота в фекалиях больше, чем в навозе. Он находится преимущественно в форме аммония и мочевины, которая разлагается с образованием аммиака, а последний легко улетучивается. При внесении фекалий в чистом виде происходят большие потери азота, а неравномерное распределение фекалий по полю вызывает значительные колебания урожая. Кроме того, при внесении их в чистом виде возможно заражение почвы и продукции гельминтами и различными болезнями.

При компостировании торфа с фекалиями обеспечивается наиболее рациональное использование на удобрение как торфа, так и фекалий. При этом фекалии обеззараживаются, резко уменьшаются потери азота, усиливается переход азота и других питательных веществ, содержащихся в торфе, в усвояемую форму. Смешивать с фекалиями можно все виды торфа.

Приготовление и использование торфяных компостов требует значительных затрат труда и средств. Перевод технологии производства торфонавозных и других компостов на промышленную

основу позволяет значительно снизить себестоимость этих удобрений. Однако для этого требуется система специальных машин.

5. НЕТРАДИЦИОННЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ

В качестве других нетрадиционных органических удобрений можно использовать сапропель, компосты из городского мусора и канализационного ила, гидролизного лигнина, древесной коры и опилок, вермикомпосты и гуминовые препараты, а также солому зерновых злаков.

5.1 сапропель, бытовые отходы

Сапропель. Это донное органо-минеральное отложение пресноводных озер и прудов. Применяемые в качестве местного удобрения сапропели должны содержать влаги не более 60 %, органического вещества — не менее 10 % (обычно в нем 4—6 % азота), в том числе долю гуминовых веществ не менее 10 %, рН водной вытяжки не менее 6,5. Минеральный состав (за исключением содержания тяжелых металлов и извести) не является определяющим, количество азота, фосфора и калия должно составлять соответственно не менее 0,5; 1 и 1 % на сухую массу. В донных отложениях может происходить концентрирование тяжелых металлов даже когда исходное их содержание в жидкой фазе незначительное. Применение сапропеля требует больших затрат на его добычу, транспортировку и внесение.

Бытовые отходы. Составляют 0,15—0,25 т/год на одного жителя России. Основную долю твердых бытовых отходов городов составляют бумажные и органические пищевые компоненты, при этом состав мусора значительно изменяется по сезонам. Бытовые отходы имеют высокую степень биологического загрязнения, могут быть опасны в эпидемиологическом отношении и требуют обеззараживания. Состав сточных вод, их осадка (ОСВ) и образующегося при биологической очистке ОСВ активного ила сильно различается в зависимости от вида производства. Например, содержание основных элементов питания растений в осадке сточных вод может колебаться: азота — 1—7 %, фосфора — 1—4 и калия - 0,2-3 %.

Твердые и жидкие отходы жилищно-коммунального хозяйства и промышленных производств могут быть сильно загрязнены тяжелыми металлами, органическими и минеральными кислотами, фенолами, полиароматическими углеводородами, радиоактивными веществами, а также вредными микроорганизмами. Использовать эти отходы можно только после компостирования и контроля исходных компонентов и компостов на соответствие установленным требованиям качества и безопасности. Компосты из твердых бытовых отходов и ОСВ (а также приравненного к ним по важнейшим агроэкологическим нормативам активного ила) должны иметь влажность не более 50 %, содержать соответственно не менее 35 и 45 % органических веществ в расчете на сухую массу с долей гуминовых веществ не менее 5 %, азота, фосфора и калия соответственно 1,0; 0,4; 0,3 и 1,5; 1,0; 0,2 % на сухую массу, соотношение С : N — не более 30, размер частиц соответственно не более 25 и 8 мм. Содержание пластических масс в компосте из твердых бытовых отходов должно быть не более 0,9 % и прочих балластных включений — не более 2,5 %.

5.2 гидролизный (технический) лигнин

Гидролизный лигнин — это основной отход гидролизной промышленности. Он содержит очень мало элементов питания, имеет кислую реакцию и беден микрофлорой, но обладает высокой влагоемкостью и поглотительной способностью. При его компостировании с бесподстилочным навозом, навозной жижей и жидким птичьим пометом получают обогащенные азотом и другими элементами питания удобрения с хорошими физико-механическими свойствами, высокой биологической активностью, при этом ограничиваются потери азота за счет улетучивания аммиака.

5.3 древесная кора и опилки

Их можно использовать путем компостирования с навозом, навозной жижей и другими азотсодержащими добавками. Такие компосты должны содержать не менее 80 % органического вещества на сухую массу при влажности не более 60 %, долю гуминовых веществ 10—15 % от общего количества органического вещества, рН водной вытяжки — не менее 5,5, отношение С : N — не более 30, азота, фосфора и калия (% на сухую массу) — соответственно 3,0; 0,1 и 0,1.

Соотношение компостируемых материалов и навоза обычно составляет 1 : 1; 2 : 1 или 3 : 2, могут также добавляться фосфоритная мука и хлористый калий, обогащающие компост и ускоряющие его созревание (длительность компостирования в штабелях обычно не менее 3 мес).

5.4 гуминовые препараты и биогуmus

Гуминовые препараты. Относятся к группе физиологически активных веществ, активизирующей жизнедеятельность почвенных микроорганизмов и растений, при их внесении в почву ускоряются процессы гумификации, улучшаются водно-физические свойства и тепловой режим почв, стимулируется рост и развитие растений. Разнообразные гуминовые препараты получают путем кислотной или щелочной, а также электроимпульсной переработки природного сырья — углей, торфа, каустобиолитов и пр.

Эти препараты широко используют при выращивании цветов, рассады, горшечных культур в домашних условиях, фермерских хозяйствах, садово-огородных кооперативах, при создании и эксплуатации декоративных и спортивных газонов, тепличных овощеводческих хозяйствах и реже — при выращивании полевых культур. Гуминовые препараты, как правило, не содержат токсичных компонентов (за исключением гуматов из бурых углей и сапропелей), содержащих тяжелые металлы. При сертификации и регистрации их проверяют на безопасность.

Биогумус, получаемый при вермикультуре. Одним из интенсивно развивающихся направлений в решении проблемы утилизации органических отходов растениеводства, перерабатывающей промышленности и городского хозяйства является вермикультура — промышленное производство дождевых червей и биогумуса. В вермикультуре используют в основном гибрид красного калифорнийского червя. Он пригоден к промышленному разведению и способен перерабатывать разнообразные органические субстраты: навоз всех видов животных, помет птиц, солому и другие растительные остатки, осадки сточных вод, органические материалы городского мусора, пищевые и промышленные отходы. Продолжительность жизни красного червя до 16 лет, а обычных дождевых червей — 4 года.

В течение года при температуре около 20 °С на соответствующем субстрате одна пара червей может дать 3 тыс. молодых особей и за один цикл выращивания (3 мес) с 1 м² можно собрать до 30 кг биомассы червей. В короткие сроки можно получить большую массу червей (с содержанием 67—72 % белка, 7—19 % жира, 18—20 % углеводов и 2—3% минеральных веществ), которую после измельчения и смешивания с наполнителями либо в виде автолизата используют для кормления птицы, животных, пушных зверей, рыб и получения биологически активных веществ для производства медицинских, пищевых и кормовых препаратов. При переработке червями 1 т органических отходов (в расчете на сухое вещество) в биомассе червей получают около 100 кг полноценного белка и 600 кг биогумуса с влажностью 60—65 %, используемого в качестве органического удобрения.

Проходя через кишечник червей, органические отходы субстрата подвергаются биохимическим превращениям до легкогидролизуемых соединений, в капролитах (экскрементах червей) концентрируются азот и другие макро- и микроэлементы в потенциально доступной для растений форме. Биогумус обладает высокой водостойкостью и улучшает структуру почвы, активизирует ее биологическую активность, частично нейтрализует почвенную кислотность. Он содержит ферменты и биостимуляторы, обладает бактерицидными свойствами, не имеет запаха и по консистенции подобен перегною, получаемому при разложении навоза и традиционных компостов. Благодаря деятельности червей и применению биогумуса можно связывать находящиеся в отходах и почве тяжелые металлы, ограничивать поступление в растения радионуклидов и накопление нитратов в получаемой растениеводческой продукции.

В России переработкой органических отходов путем вермикультивирования занимаются свыше 1 тыс. предприятий и организаций, это в основном товарищества и акционерные общества, фермеры и другие производители с небольшими объемами выхода гумуса - от 10 до 1000 т в год. Биогумус приобретает популярность у населения, занимающегося овощеводством и садоводством, благодаря небольшим дозам внесения (2,5 т/га при сплошном и 250—300 кг/га при локальном внесении) и меньшим материальным и трудовым затратам на единицу площади по сравнению с расходами на применение традиционных органических удобрений.

Практика применения биогумуса при выращивании прежде всего овощных культур свидетельствует о высокой его эффективности как органического удобрения в условиях мелкотоварного производства, а также в овощеводстве защищенного грунта. В то же время в опытах ВНИПТИОУ с различными полевыми культурами — картофелем, ячменем и овсом доза вермикомпоста 14—18 т/га влияла на урожай практически одинаково с эквивалентной по азоту дозой навоза (20—26 т/га), а половинная доза вермикомпоста не оказывала достоверного влияния на продуктивность изучавшихся культур. Слабо было выражено и последствие вермикомпоста.

Практическое использование биогумуса нередко осуществляется без должного агрохимического и санитарно-гигиенического контроля, а также без надежного научного обоснования. В настоящее время разработаны технические условия производства и агроэкологические требования к качеству биогумуса, проводится его сертификация. Очевидна важная агрономическая и экологическая значимость проблемы переработки органосодержащих отходов сельского хозяйства, промышленности и городского жилищно-коммунального хозяйства с помощью вермикультуры, а также необходимость развития научных и технологических разработок по получению и использованию ее целевых продуктов, в том числе биогумуса.

6. ЗЕЛЕНОЕ УДОБРЕНИЕ

Зеленым удобрением, или сидерацией, называют выращивание в поле некоторых бобовых растений (сидератов) и запашку их зеленой массы в почву для обогащения ее азотом и органическим ве-

ществом. В качестве сидератов используют однолетний и многолетний люпин, сераделлу, донник, озимую вику, озимый горох, пелюшку, чину 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 50 т зеленой массы, содержащей до 200 кг азота. По содержанию азота 1 т зеленого Удобрения равноценна 1 т навоза.

После заделки в почву и минерализации зеленой массы сидератов азот, связанный в форме органических соединений, переходит в минеральную форму и используется последующими растениями. Коэффициент использования культурами азота зеленого удобрения в первый год почти вдвое выше, чем азота навоза. Кроме того, бобовые сидераты, обладая хорошо развитой и глубоко проникающей в почву корневой системой, извлекают питательные элементы из нижних горизонтов почвы, а также усваивают фосфор и другие питательные вещества из труднорастворимых соединений. Поэтому при разложении запаханной растительной массы пахотный слой почвы обогащается не только органическим веществом и усвояемыми соединениями азота, но также фосфором, калием и кальцием.

Под влиянием зеленого удобрения увеличивается содержание гумуса в почве, усиливается микробиологическая деятельность, повышаются влагоемкость, поглотительная способность почвы, улучшается ее структура. В результате значительно повышаются плодородие почв и урожайность возделываемых культур.

По данным многолетнего опыта, на бедной песчаной почве Новозыбковской опытной станции без удобрения получен урожай ржи и картофеля соответственно 0,6 и 13,1 т/га, по люпиновому удобрению — 1,1 и 18,5 т/га, а в последствии этого удобрения урожай овса составил 1,0 т/га (без удобрения 0,8 т/га). В целом за ротацию севооборота урожай от зеленого удобрения повысился в 1,5 раза.

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/га P_2O_5 и K_2O), предпосевная инокуляция семян препаратами, содержащими активные расы клубеньковых бактерий, — *нитрагинизация*.

Нитрагин — препарат, содержащий клубеньковые бактерии, которые, развиваясь на корнях бобовых растений, усваивают азот из воздуха. В почве клубеньковых бактерий часто очень мало или они вовсе отсутствуют, поэтому необходимо искусственное заражение бобовых культур этими бактериями. Для разных групп бобовых культур изготавливают различные виды нитрагина со специфическими расами бактерий.

Для инокуляции семян бобовых культур клубеньковыми бактериями эффективно также применение препарата *ризоторфина*. Его выпускают в расфасовке на гектарную норму посева соответствующей культуры (200 г препарата с содержанием не менее 2,54 млрд бактерий). Суспензией ризоторфина семена бобовых культур обрабатывают непосредственно перед посевом с помощью машин для протравливания. Нитрагинизация семян совместима с обработкой семян микроэлементами и отдельными протравителями (например, фундазолом).

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

Наиболее распространенный сидерат — люпин. Он хорошо произрастает и способен давать большую зеленую массу как на самых бедных песчаных, так и на более тяжелых суглинистых почвах.

Большой практический интерес представляют узколистные кормовые и сидеральные люпины, которые отличаются более коротким периодом вегетации, быстрыми темпами роста и способностью формировать высокий (до 100 т/га) урожай зеленой массы, устойчивостью к болезням. В Нечерноземной зоне хорошо зарекомендовали себя в качестве сидератов быстрорастущие крестоцветные культуры — редька масличная, горчица белая, рапс яровой и сурепица. Эти растения отличаются также повышенной способностью к усвоению фосфора из труднодоступных соединений и к накоплению белка в зеленой массе.

Люпин не переносит высокого содержания кальция и поэтому непригоден для карбонатных почв. На этих почвах используют другие сидераты: озимый горох, озимую вику, донник, чину и др.

В степной и сухостепной зонах страны с карбонатными почвами особенно эффективно применение в качестве сидерата донника, отличающегося высокой продуктивностью (до 70 т/га) даже на ма-

лоплодородных почвах. Заделка его зеленой массы в черноземно-солонцовые комплексные почвы обеспечивает мелиорирующий эффект за счет увеличения подвижности кальция и вытеснения поглощенного натрия.

Люпин, донник и другие сидераты можно использовать на зеленое удобрение в виде самостоятельной культуры (выращивают как парозанимающую культуру, т. е. занимают поле с весны и запахивают во второй половине лета), как промежуточную подсевающую или пожнивную культуру (выращивают в промежутке между уборкой одной культуры и посевом другой), а также в виде укосной массы, выращенной на другом участке в течение ряда лет (многолетний люпин).

Большое хозяйственное значение имеет посев кормового (безалкалоидного) желтого люпина в занятых парах с последующим двусторонним использованием: зеленую массу скашивают на корм, а стерневые остатки (или отросшую отаву) запахивают на удобрение.

Зеленое удобрение как весьма эффективное и дешевое местное средство имеет особо большое значение для повышения плодородия малокультурных почв при недостатке навоза и других органических удобрений в хозяйстве или при необходимости перевозки их на дальние поля. Расширение посевов сидератов позволит также в определенной мере ограничить использование запасов торфа — невосполняемого фактора регуляции биоклиматических процессов на окружающих территориях. Расширение масштабов применения зеленого удобрения сдерживают семеноводство и отсутствие систем машин и технологий для возделывания и эффективного использования сидератов, прежде всего бобовых растений с высокой способностью к симбиотической азотфиксации.

Федеральной целевой программой «Повышение плодородия почв России на 2002—2005 годы» предусматривается расширение площадей под сидератами до 4 млн. га, что обеспечит получение около 90 млн. т зеленого удобрения. Кроме удобрительного назначения сидераты позволяют успешно бороться с эрозией и засолением почв, вредителями и сорняками, получать экологически чистую продукцию.

Тема 2.4. Действие удобрений на урожай и качество сельскохозяйственных культур. Удобрения – основной фактор повышения урожаяев. Возможные экологические проблемы применения удобрений

Высокая эффективность удобрений обеспечивается только при применении их в определенной научно обоснованной системе с учетом конкретных почвенно-климатических и ландшафтных условий, особенностей питания отдельных культур и чередования их в севообороте, агротехники, свойств удобрений и многих других факторов.

Под *системой удобрения* в хозяйстве понимают комплекс агротехнических и организационно-хозяйственных мероприятий по наиболее рациональному, упорядоченному применению удобрений в целях увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, сохранения и повышения плодородия почвы.

Система удобрения, по существу, — составная часть реализуемой в хозяйстве зональной системы земледелия. Систему удобрения разрабатывают с учетом биологического потенциала агроландшафтов, лимитирующих факторов и ограничений для сельскохозяйственного использования земель (выявленных в результате почвенно-ландшафтного картографирования, агрохимического обследования почв и проведения агроэкологического мониторинга). В зависимости от уровня интенсификации сельскохозяйственного производства в конкретных хозяйствах, определяемого прежде всего финансово-ресурсным потенциалом сельского товаропроизводителя, используют различные технологии возделывания культур.

Экстенсивные технологии. Ориентированы на использование естественного плодородия почв без применения удобрений и других средств химизации. Могут использоваться лишь небольшие количества минеральных удобрений для устранения лимитирующего действия недостатка питательных веществ на урожайность сельскохозяйственных культур.

Нормальные технологии. Предусматривают наряду с использованием плодородия почв и ресурсов агроландшафта, источников биологического азота проведение мероприятий по предотвращению деградации почв и агроландшафтов (вследствие эрозии, дефляции или загрязнения), устранение с помощью химической мелиорации и применения органических удобрений лимитирующих урожайность факторов — неблагоприятной реакции среды и недостатка питательных веществ, осуществление мер по защите растений от наиболее опасных болезней, вредителей и сорняков. Минеральные удобрения для частичной компенсации выноса питательных веществ из почвы с урожаем применяют в дозах, обеспечивающих их высокую окупаемость получаемой продукцией, при этом биологический потенциал сорта реализуется не менее чем на 40—50 %.

Интенсивные технологии. Предусматривают получение качественной продукции при урожайности не менее 60—65 % биологического потенциала сорта за счет не только природных и технических ресурсов, но и компенсации выноса питательных веществ из почвы с урожаем путем примене-

ния соответствующих количеств удобрений, а также осуществления мер борьбы с наиболее опасными болезнями, вредителями и сорняками при высокой окупаемости производственных ресурсов.

Высокоинтенсивные (высокие) технологии. Рассчитаны на реализацию биологического потенциала сорта по урожайности при высоком качестве продукции не менее чем на 80—85 % за счет использования комплекса всех агротехнических, биологических и химических мер по защите растений и полного обеспечения потребности растений в элементах питания для достижения планируемой урожайности за счет удобрений при экономической рентабельности и экологической безопасности их применения. Технологии такого уровня предусматривают использование новейшего комплекса машин и реализацию всех достижений научно-технического прогресса.

Соответственно и разрабатываемые системы удобрения в хозяйстве могут решать различные задачи в зависимости от уровня интенсификации производства.

Очевидно, что уровень технологий возделывания культур в значительной мере зависит от экономических возможностей и технической оснащенности сельских товаропроизводителей. Набор Удобрений для специализированных севооборотов и отдельных культур в хозяйствах может быть сильно дифференцирован. Первоочередной задачей разработки систем удобрения является максимальная отдача от вкладываемых средств за счет наиболее рационального их распределения с учетом значимости получаемой продукции для внутривозвращенного потребления и реализации на внешнем рынке. При этом профилирующие специализированные севообороты и ведущие культуры могут обеспечиваться удобрениями по потребности для получения максимального выхода продукции при заданном уровне окупаемости и прибыли, а другие — возделываться при ограниченном применении удобрений или только использовать их последствие.

В наборе базовых технологий производства отдельных видов продукции растениеводства содержатся блоки удобрения соответствующих культур для получения определенного уровня урожайности и высокого качества товарной продукции. Кроме того, предусмотрены технологические адаптеры применения удобрений с учетом конкретных условий производства и природных ресурсов агроландшафтов, реальной материально-технической базы, финансовых, трудовых, энергетических и экологических ограничений. Помимо этого для включения в Федеральный регистр технологий производства продукции растениеводства разработан технологический межотраслевой адаптер «Система удобрения». Он предназначен для выбора оптимальных технологических схем и процессов использования минеральных, органических удобрений и химических мелиорантов применительно к конкретным категориям агроландшафтов, исходя из агроэкологических требований и экономного расходования ресурсов.

В современных условиях становления новых земельных, рыночных отношений в сельском хозяйстве и разнообразия форм хозяйствования при многоукладной экономике на первый план при разработке системы удобрения выходит оценка состояния и перспектив развития производства и его специализации, финансовых возможностей (кредитов, инвестиций и других капиталовложений, основных фондов и оборотных средств), материально-технической базы и технического обслуживания, наличия и квалификации рабочей силы, потребительского спроса, объемов и цен реализации и их изменения в долгосрочном плане и в ближайшей перспективе. Далее основными взаимосвязанными звеньями при разработке системы удобрения в хозяйстве являются:

анализ результатов и перспектив хозяйственной деятельности сельскохозяйственного предприятия (производственная специализация, фактические и планируемые показатели выхода товарной продукции, урожайности культур, структура сельскохозяйственных угодий и посевных площадей, севообороты и их специализация, сорта возделываемых культур по продуктивности, устойчивости к стрессовым условиям, болезням и поражению вредителями, по срокам посева и уборки урожая и т. д.);

оценка климатических и почвенных условий, уровня потенциального и эффективного плодородия почв хозяйства по данным почвенно-агрохимического обследования, биологического потенциала агроландшафта и агроэкологических типов (категорий земель) по их пригодности к возделыванию сельскохозяйственных культур, определение природных факторов, лимитирующих рост урожайности, а также последовательности их устранения с помощью агротехнических, мелиоративных и агрохимических мероприятий;

выбор уровня интенсификации базовых технологий производства отдельных видов сельскохозяйственной продукции и их адаптация (с учетом природного и возможного материально-технического и ресурсного обеспечения) к формам хозяйствования и организации производства;

агроэкономический анализ итогов предшествующего использования удобрений в хозяйстве при сложившихся системе земледелия и уровне агротехники, оценка состояния и перспектив развития материально-технической базы химизации, выбор организационных форм агрохимического обслуживания, проведения химической мелиорации почв (известкования или гипсования);

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

определение потребности в минеральных удобрениях (включая микроудобрения), исходя из реальных экономических возможностей хозяйства и цен на удобрения и поставляемого ассортимента, планируемого производства сельскохозяйственной продукции и ее реализации;

обеспечение своевременной доставки удобрений с торговых баз, правильного их хранения, наиболее полной механизации всех работ по подготовке и внесению удобрений в соответствии с принятой технологией возделывания культур;

тесная увязка всех мероприятий по применению удобрений с общей организационно-хозяйственной деятельностью предприятия.

Система удобрения в хозяйстве представляет собой генеральную схему организационно-хозяйственных мероприятий на определенный срок (в соответствии с перспективными планами развития хозяйства), которая конкретизируется в системе удобрения в севооборотах и в годовых планах применения удобрений

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

Поскольку система удобрения в хозяйстве и севообороте рассчитана на длительный период и учитывает только общий уровень плодородия почвы на всей площади севооборота, ежегодно составляются *годовые планы применения удобрений*. В них указывают дозы (уточненные согласно данным последнего агрохимического обследования почв для каждого отдельно обрабатываемого участка), формы, сроки и способы внесения удобрений под отдельные культуры севооборота. При необходимости вносят коррективы вследствие возможного изменения чередования культур, уровня урожаев по годам и прогноза погодных условий. Годовые планы служат документальной основой для практического проведения всех работ по применению органических и минеральных удобрений.

Согласно годовому плану рассчитывают потребность в удобрениях по срокам их применения, разрабатывают технологию внесения и принимают организационные решения.

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

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 питательных элементов. По уровню плодородия и содержанию подвижных питательных веществ значительно различаются и почвы отдельных полей хозяйств.

При разработке системы удобрения используют средневзвешенные показатели обеспеченности почв полей севооборота, а различия в содержании подвижных форм питательных элементов по каждому обрабатываемому участку учитывают при составлении годовых планов применения удобрений. Важно также учитывать общую окультуренность почвы и степень предшествующей удобренности поля. На достаточно окультуренных и хорошо удобрявшихся почвах дозы органических и минеральных удобрений могут быть снижены.

Систему удобрения разрабатывают и осуществляют в тесной взаимосвязи со всем комплексом технологических приемов по возделыванию сельскохозяйственных культур, входящих в состав севооборота. Особенности возделывания и способ посева отдельных культур также оказывают влияние на сроки и способы внесения удобрений. В условиях интенсивных технологий возделывания культур возрастает роль строгого соблюдения технологической дисциплины, агротехнических требований и экологических ограничений.

Высокий уровень агротехники, начиная с обработки почвы и подготовки кондиционного посевного материала до уборки, — необходимое условие эффективного использования растениями питательных элементов из почвы и удобрений.

Распределение удобрений по полям севооборота во многом зависит от хозяйственного, экономического и агротехнического значения каждой культуры, ее места в севообороте, характера и удобренности предшественников, технологии возделывания, степени окультуренности почв отдельных полей, особенностей питания и удобрения культур.

Почвенно-климатические и ландшафтные условия применения удобрений

Различия в почвенном покрове и климатических условиях нашей страны определяют неодинаковую эффективность применения удобрений по почвенно-климатическим зонам. Действие полного минерального удобрения и навоза на урожай сельскохозяйственных культур уменьшается с северо-запада на юго-восток в европейской части страны и с востока на запад — в азиатской части. Это в первую очередь связано с изменениями уровня потенциального плодородия почв и влагообеспеченности.

По характеру увлажнения таежно-лесная и лугово-лесная зоны (дерново-подзолистые почвы) — влажные; лесостепная (серые лесные, оподзоленные, выщелоченные и типичные черноземы) — полувлажная; степная (обыкновенные и южные черноземы) — полусухая; сухостепная (темно-каштановые и каштановые почвы) — засухливая; полупустынная и пустынная (светло-каштановые и бурые почвы) — очень засухливые. Только таежно-лесная, лугово-лесная и лесостепная зоны страны имеют благоприятные условия обеспеченности теплом и влагой для большинства полевых сельскохозяйственных культур. В остальных регионах проявляется либо дефицит тепла при недостаточной длительности вегетационного периода (северные районы, Сибирь), либо недостаток влаги (южные и юго-восточные районы).

Наиболее высокое и стабильное действие удобрений на урожай наблюдается при достаточном естественном увлажнении и при орошении. В этих условиях целесообразно применять более высокие дозы 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 таежно-лесной, лугово-лесной и лесостепной зонах, а также на менее гумусированных почвах южных зон страны, особенно при орошении.

Фосфорные удобрения наиболее эффективны на черноземных и темно-каштановых почвах, они положительно влияют 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 они эффективны только на фоне азотных и фосфорных удобрений.

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

Для повышения эффективности удобрений в засухливых южных и юго-восточных районах страны необходимо принимать все меры для максимального накопления и сохранения влаги в почве: снегозадержание, соответствующие приемы обработки почвы и ухода за растениями и т. д. Здесь особенно важно вносить фосфорно-калийные удобрения с осени под глубокую обработку, чтобы они размещались в более влажном, менее пересыхающем слое почвы. При мелкой заделке эффективность удобрений в засухливых районах (или в засухливые годы в районах с достаточной влагообеспеченностью) снижается особенно резко, а внесение удобрений в подкормку тем более дает незначительный эффект. На переувлажненных почвах в районах с большим количеством осадков в осенне-зимний период легко растворимые азотные (на легких почвах и калийные) удобрения во избежание вымывания питательных веществ лучше вносить перед посевом весной, а иногда и в подкормки.

Система удобрения в хозяйствах, севооборотах и отдельных культур при адаптивно-ландшафтных системах земледелия требует учета не только характерных зональных почвенно-климатических условий, она разрабатывается применительно к агроэкологическим категориям земель, выделяемых по критериям их пригодности для размещения севооборотов и возделывания сельскохозяйственных культур (без ограничений или с ограничениями). При этом учитывают особенности технологии производства и применения удобрений в зависимости от рельефа и почвенного покрова территории (дренированные плоские равнины с автоморфными зональными почвами, эрозионные ландшафты со склоновыми землями, переувлажненные, слитные и солонцовые земли и др.) и интенсивность проявления лимитирующих факторов.

При выборе видов и форм удобрений, установлении доз и способов их внесения обязательно учитывают ландшафтные особенности территории, почвенного покрова, содержание подвижных питательных веществ в почвах, их гранулометрический состав, поглотительную способность, реакцию и буферность, засоленность, смытость и эродированность.

На кислых дерново-подзолистых почвах, бедных органическим веществом и элементами питания, необходимы известкование и высокие дозы органических и минеральных удобрений, особенно азотных. Солонцовые 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, здесь можно с успехом применять труднорастворимые формы фосфорных удобрений. На почвах с нейтральной и щелочной реакцией применимы физиологически кислые азотные удобрения, а использование фосфоритной муки целесообразно только в составе компостов.

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 нужно учитывать при определении доз и форм 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 вымывается из почвы.

Весьма существенные различия в режиме биогенных элементов (и, следовательно, в потребности, применении и эффективности удобрений) проявляются на разных элементах рельефа, особенно на склонах различного профиля, уклона и экспозиции. Склоновые земли южной экспозиции лучше прогреваются, но их почвы обычно имеют меньшую мощность гумусового горизонта при большей интенсивности процессов минерализации органического вещества и эродированности, чем на склонах северной экспозиции. На холодных северных склонах сильнее проявляется подкисление почв.

Потребность в азотных удобрениях для культур, возделываемых на склоновых землях, возрастает с увеличением степени смытости и эродированности почв, в то же время здесь сильнее проявляется опасность потерь азота (и других питательных веществ) с поверхностным и внутрпочвенным стоком. Поэтому технология возделывания сельскохозяйственных культур на эродированных почвах должна предусматривать тщательную своевременную заделку удобрений, экологическое обоснование их доз и сокращение стока. Отметим, что усиление минерального питания повышает урожайность культур и способствует увеличению устойчивости склоновых почв к эрозии в результате лучшего развития растений и их корневой системы, поступления большего количества растительных остатков в почву.

Азотное удобрение является разрешающим фактором при переходе на минимальную, плоскорезную и безотвальную обработку почвы, входящую в систему противозерозионных мероприятий на склоновых землях. В целом, в сложных эрозионных ландшафтах требуется гибкая дифференцированная система удобрения, учитывающая разнообразие элементов рельефа, их морфологические характеристики, степень смытости почвы, сток, литологические условия, чтобы не допустить смыва питательных веществ и обеспечить эффективное и экологически безопасное использование удобрений.

Определение доз минеральных удобрений

В современных социально-экономических условиях перехода к рыночным отношениям возможный уровень применения минеральных удобрений в хозяйстве определяется, прежде всего, экономическими условиями.

При разработке системы удобрения в хозяйстве и севооборотах наиболее рациональные дозы минеральных удобрений следует устанавливать в зависимости от уровня интенсивности применяемых технологий. При ограниченной обеспеченности удобрениями предпочтительнее доза, позволяющая получить наивысшую оплату единицы удобрения. При более полном удовлетворении потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях основной елью может быть получение максимально возможного выхода продукции с единицы площади, а также сохранение и повышение плодородия почвы.

Исключительно важное значение имеет экономический аспект. Поэтому при выборе доз удобрений необходима тщательная агроэкономическая оценка результатов полевых опытов, в том числе с использованием экономико-математических методов. При ограниченных ресурсах удобрений оптимальной дозой будет та, которая обеспечивает наибольшую урожайность с гектара при максимальном чистом доходе от удобрений, т. е. самую низкую себестоимость получаемой продукции, а при обеспечении удобрениями на планируемый урожай — позволяющая получать наибольший валовой выход сельскохозяйственной продукции и чистый доход при заданном уровне рентабельности производства.

При нормальных зональных технологиях производства различных видов сельскохозяйственной продукции могут использоваться средние зональные дозы удобрений для отдельных культур, рекомендуемые агрохимической службой. Они должны корректироваться с учетом адаптации технологий к природно-ресурсным ландшафтным условиям производства, формам хозяйствования и производственным ресурсам конкретного сельского товаропроизводителя.

Согласно принятой в настоящее время классификации все почвы по агрохимическим показателям в зависимости от кислотности и содержания подвижных форм питательных веществ подразделяют на шесть групп (классов). Третий класс характеризует среднюю обеспеченность почвы элементами пи-

тания для зерновых культур, а четвертый и пятый — соответственно для более требовательных к уровню питания пропашных и овощных культур. При превышении среднего содержания питательных веществ в почве рекомендуемую дозу удобрений под сельскохозяйственные культуры уменьшают, при меньшем — увеличивают. Обычно при обеспеченности почвы подвижными формами элементов питания на один класс ниже либо выше средней дозу изменяют в 1,25—1,3, а на два класса — в 1,5 раза.

Поправочные коэффициенты к средним рекомендуемым дозам удобрений в зависимости от обеспеченности почвы питательными элементами уточняют зональные научные агрохимические учреждения для различных сельскохозяйственных культур применительно к условиям возделывания. Такие коэффициенты к средним дозам удобрений для отдельных культур по зонам страны приведены в справочной литературе.

Агрохимическая служба и научные учреждения страны проводят широкие экспериментальные исследования по установлению взаимосвязи между агрохимическими показателями почвы и эффективностью удобрений. В полевых опытах изучают взаимосвязь между лозами основных элементов питания и уровнем урожайности важнейших сельскохозяйственных культур, возделываемых в характерных для зоны почвенно-климатических условиях при различной обеспеченности почвы подвижными формами питательных веществ. На основании выявленной в таких опытах коррелятивной зависимости разрабатывают рекомендации по применению удобрений на планируемый урожай с учетом агрохимических показателей почвы.

СЕРТИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Одна из функций агрохимической службы — контроль за качеством и безопасностью удобрений и других агрохимикатов (химических мелиорантов, химических кормовых добавок, консервантов кормов), поставляемых сельскому хозяйству. В научно-методическом центре агрохимической службы страны — ЦИНАО — действует первый из созданных в России специализированный орган по сертификации агрохимикатов, в котором разработаны и внедрены специфические ее компоненты (порядок сертификации этой группы продуктов, номенклатура объектов обязательной и добровольной сертификации, нормативные документы, методы анализов и испытаний агрохимикатов на соответствие предъявляемым требованиям на качество и безопасность, маркировку и упаковку). Разрабатываются технические средства для контроля за качеством агрохимикатов, нормативы и правила, регламентирующие эту деятельность агрохимической службы.

При сертификации минеральных удобрений контролируется их соответствие установленным ГОСТами и ТУ параметрам качества, однородности состава и свойств, надежности (сохраняемости свойств в течение межсезонного хранения, при складской или полевой подготовке удобрений к внесению в почву), безопасности (пожаро- и взрывоопасности, наличию токсичных примесей, их содержание по сравнению с ПДК и др.).

Государственные общероссийские стандарты (ГОСТы) и технические условия (ТУ, разрабатываемые с учетом особенностей производства на отдельных заводах и качества сырья) предусматривают для каждого промышленного удобрения минимальное содержание действующего вещества и максимальное содержание влаги, регламентируют основные показатели физико-химических и механических свойств удобрений, наличие токсикантов и вредных примесей для растений.

Соответствие удобрений, поставляемых сельскому хозяйству, этим требованиям контролируют с помощью стандартных методов в испытательных лабораториях непосредственно на химических заводах и в специализированных подразделениях агрохимической службы, аттестованных на проведение сертификации.

Кратко охарактеризуем основные физико-химические и механические свойства удобрений, которые наряду с содержанием действующего вещества определяют качество поставляемых сельскому хозяйству продуктов и приготовляемых из них тукосмесей.

Влажность поставляемых промышленностью удобрений (ее максимально допустимый уровень) должна составлять для азотных удобрений 0,15—0,3% суперфосфатов — 3—4, остальных удобрений — 1—2 %. От этого показателя зависят все остальные физико-механические свойства удобрений.

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

При выравненном гранулометрическом составе удобрений и их смесей обеспечивается большая равномерность посева центробежными разбрасывателями.

Прочность гранул — определяет сохранность гранулометрического состава при транспортировке, хранении и внесении удобрений. Механическую прочность гранул на раздавливание (в МПа) и истирание (в %) определяют на специальных приборах. Согласно агротехническим требованиям статическая прочность гранул (или кристаллов) удобрений, используемых для сухого тукосмешения, должна быть не менее 30—50 кг/см², а динамическая прочность их — не менее 85—90 %.

Слеживаемость — склонность удобрений переходить в связанное и уплотненное состояние. Она зависит от влажности удобрений, размера и формы частиц, их прочности, давления в слое, условий и продолжительности хранения. Слеживаемость определяют по прочности цилиндрического образца удобрения, хранившегося при строго определенных условиях, и оценивается по семибалльной шкале.

К сильнослеживающимся удобрениям относятся аммиачная селитра (степень слеживаемости 2—4), порошковидный суперфосфат (степень 6—7) и мелкокристаллический хлористый калий (степень 6). Сульфат калия практически не слеживается (степень 1). 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 вследствие гигроскопичности.

Гигроскопичность — способность удобрения поглощать влагу из воздуха. При повышенной гигроскопичности удобрения отсыревают, сильно слеживаются, ухудшаются их сыпучесть и рассеиваемость, гранулы теряют прочность. Гигроскопичность удобрений оценивают по десятибалльной 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, 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 менее 3.

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

Рассеиваемость — способность к равномерному рассеву удобрений — зависит прежде всего от их сыпучести (подвижности) и гранулометрического состава. Оценивают по десятибалльной шкале. Чем выше рассеиваемость, тем выше балл. При хорошей рассеиваемости удобрений и их смесей можно с успехом использовать простые по конструкции и высокопроизводительные центробежные разбрасыватели.

Соответствие качества удобрений по содержанию действующего вещества и другим показателям контролируют с помощью применения стандартных аналитических и инструментальных методов.

ТРАНСПОРТИРОВКА, ХРАНЕНИЕ И ВНЕСЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Правильная организация перевозки, хранения и внесения удобрений имеет важное значение для снижения их потерь и повышения эффективности обеспечения экологической безопасности.

Транспортировка минеральных удобрений. От завода до складов товарных баз с хранилищами ее осуществляют железнодорожным, реже водным транспортом, а на близлежащие склады — преимущественно автотранспортом.

Затаренные удобрения перевозят в крытых железнодорожных вагонах или баржах общего назначения, преимущественно в пакетах на стоечных поддонах, устойчиво размещенных в вагоне или трюме, а для пакетной транспортировки и выгрузки удобрений из вагонов и трюмов необходимо иметь в них широкие дверные проемы и трюмные люки.

Незатаренные гранулированные удобрения лучше всего перевозить в специализированных саморазгружающихся вагонах или (при перевозке удобрений, не выгружающихся гравитационно) в крытых вагонах общего назначения с самоуплотняющимися дверями или с дверными проемами, оборудованными заградительными щитами.

Фосфоритную и известняковую муку перевозят в железнодорожных цистернах-цементовозах или в специализированных саморазгружающихся вагонах. Для доставки пылевидных удобрений водным путем используют также специальные суда-цементовозы грузоподъемностью 2000 т, баржи-цементовозы грузоподъемностью 1200 т.

Транспортировку жидкого аммиака с завода на прирельсовые склады осуществляют, как правило, в аммиачных железнодорожных цистернах вместимостью 30 т, а от прирельсового склада до глубинного (хозяйственного) или до поля для непосредственного внесения — автомобильными или тракторными заправщиками.

Аммиачную воду транспортируют в герметических железнодорожных цистернах, рассчитанных на невысокое давление.

Базисные растворы ЖКУ поступают с заводов на прирельсовые склады железнодорожным или автомобильным транспортом. Способ доставки зависит от расстояния, состояния дорог и других условий. Железнодорожные цистерны для доставки удобрений от заводов до склада используют при расстоянии более 120 км. При доставке автотранспортом используют автомобильные полуприцепы с двумя-тремя пластиковыми емкостями вместимостью по 3200 л.

На качество транспортировки и приемку поступающих потребителю минеральных удобрений составляют акты, в которых указывают адресные данные изготовителя (поставщика) и получателя продукции, реквизиты, сохранность удобрений после транспортировки, исправность вагонов или других транспортных средств, наличие пломб отправителя, состояние тары и маркировки груза, соответствие условий транспортировки технологическим требованиям. При установлении недостачи груза и других несоответствий в заключении указывают возможные причины их возникновения.

Разгрузку вагонов проводят по схеме вагон — склад или вагон — автомобиль. При этом используют приемное устройство склада, а при его отсутствии — подкатной транспортер. При выгрузке удобрений из крытого вагона общего назначения в склад применяют специальные машины (типа МВС-4). Недопустимы выгрузка удобрений из транспортных средств на открытые площадки (кроме удобрений, затаренных в полиэтиленовые мешки или контейнеры), смешивание удобрений между собой и с другими материалами. После выгрузки вагонов и других транспортных средств нужно тщательно их вычистить, собрать остатки и просыпавшиеся удобрения. При перевозке удобрений автотранспортом необходимо использовать специализированные автомобили с закрытым кузовом, а при перевозке (особенно незатаренных удобрений) обычными автомобилями кузова оборудуют верхними непромокаемыми укрытиями. После выгрузки удобрений кузова автомобилей следует тщательно вычистить.

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

Необходимость складирования удобрений обусловлена сезонностью их применения и неравномерным поступлением в течение года. Типы и размеры складов бывают разными, их рассчитывают на определенную емкость с учетом годовой оборачиваемости удобрений. Прирельсовые и пристанные склады имеют значительно большую разовую вместимость, чем склады хозяйств. Здания складов строят из железобетонных и облегченных деревянных конструкций, а также из кирпича и других местных строительных материалов. Склады, их строительные конструкции и технологическое оборудование должны иметь антикоррозионную защиту от агрессивного воздействия минеральных удобрений.

Запрещается размещение складов минеральных удобрений в водоохраных зонах (полосах) рек, озер и водохранилищ. Их располагают на расстоянии не ближе 200 м от жилых, общественных и производственных зданий, а в случае одновременного хранения и пестицидов — не ближе 500 м.

Вместимость прирельсовых и пристанных складов определяют, 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 хозяйства. Годовая оборачиваемость удобрений в прирельсовых складах в зависимости от зональных условий может быть двух-, трех- и четырехкратная. Например, при перспективной годовой потребности всех хозяйств зоны обслуживания в минеральных удобрениях 15 тыс. т и трехкратной средней годовой оборачиваемости потребная вместимость склада составит 5 тыс. т. Размер склада хозяйства зависит также от перспективной потребности в минеральных удобрениях и коэффициента их оборачиваемости.

Склады, построенные по типовым проектам, должны отвечать следующим основным требованиям: изоляция удобрений от атмосферных осадков, талых и грунтовых вод, создание микроклимата в хранилище (исключающего сквозняки и приток влажного воздуха), возможность механизации погрузочно-разгрузочных работ (вдоль склада должен быть центральный проезд шириной 3 м для свободного передвижения машин). Для выгрузки незатаренных удобрений склад должен иметь приемное устройство, а также бетонные или асфальтовые полы выше уровня прикладской площадки не менее чем на 2 см. По периметру наружных стен склада должна быть отмостка шириной не менее 1 м с уклоном для отвода осадков и талых вод.

Затаренные и незатаренные удобрения хранят в складах отдельно, их размещают по видам и формам в особых отсеках или незатаренные удобрения разделяют переносными щитами. На лицевой стороне отсека (секции) навешивают этикетку с указанием названия удобрения, содержания в нем питательных элементов, времени получения.

Незатаренные удобрения хранят насыпью высотой 2—3 м. Рассыпанные по полу удобрения медленно 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 нужно немедленно перезатарить.

Аммиачная селитра огнеопасна, поэтому ее хранят в специально оборудованных изолированных секциях или в отдельном складе. Пакеты с аммиачной селитрой лучше всего хранить на стеллажах или на стоечных антикоррозийных поддонах с высотой укладки в десять рядов (в два яруса по пять рядов в каждом поддоне). Расстояние от штабеля до стены должно быть 1 м, между штабелями — 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 нужно отпускать со складов (баз) только по массе. Должны осуществляться точный учет поступления и расходования удобрений, правильная организация работ на складе с соблюдением техники безопасности при разгрузке и погрузке удобрений, укладке их в штабеля, подготовке удобрений к внесению и т. д.

Минеральные удобрения со складов отпускают только по накладным (с контролем их массы) в двух экземплярах, из которых один с распиской получателя остается на складе.

Подготовку минеральных удобрений к внесению, растаривание и измельчение слежавшихся туков, смешивание ведут непосредственно на складе с использованием специальных машин и тукосмесительных установок, а при их отсутствии и выполнении этих работ вручную — обязательно на асфальтовой или бетонной площадке.

Погрузочно-разгрузочные операции должны проводиться без потерь и загрязнения минеральных удобрений, без разрушения тары. Содержание частиц мешкотары в растаренных удобрениях не должно превышать 0,03 % общей массы использованной мешкотары. Санитарное состояние складских помещений при выполнении погрузочно-разгрузочных операций не должно превышать допустимые нормы по запыленности и загазованности.

Для правильной организации хранения, транспортировки и внесения минеральных удобрений и тукосмесей необходимо знать и учитывать их плотность и угол естественного откоса. *Плотность* — это масса единицы объема удобрения или тукосмеси, выраженная в тоннах на 1 м^3 . Ее учитывают при определении необходимой вместимости складов, тары, грузоподъемности транспортных средств и т. д. Зная насыпную плотность минеральных удобрений, можно, наоборот, от их объема перейти к массе. *Угол естественного откоса* — угол между горизонтальной плоскостью, на которой насыпью размещается удобрение, и плоскостью насыпи (касательной линией по боковой ее поверхности). Его величину следует учитывать при закладке удобрений на хранение насыпью, при проектировании бункеров, транспортных средств, расчете необходимой площади для проведения складской подработки слежавшихся удобрений и т. д.

Внесение минеральных удобрений. Технологический процесс внесения минеральных удобрений включает следующие операции: погрузку удобрений на складе в транспортные средства, доставку их к месту внесения и внесение (сплошное разбросное на поверхность почвы с последующей заделкой или локальное внутривпочвенное при основном допосевном применении удобрений, внесение в рядки и подкормки пропашных культур, а также поверхностные, прикорневые и некорневые подкормки). В зависимости от наличия и технических характеристик машин, дальности транспортировки, способа и доз внесения удобрений используют следующие технологические схемы: перегрузочную, перевалочную и прямоточную.

При *перегрузочной* схеме загруженные на складе удобрения доставляют на поле транспортными средствами (автосамосвалами, тракторными прицепами, автозаправщиками или автоперегрузчиками), затем перегружают в машины для их внесения (разбрасыватели, машины для внутривпочвенного внесения, комбинированные сеялки и сажалки, подкормщики).

При *перевалочной* технологии удобрения загружают в транспортные средства, перевозят к местам внесения и выгружают там в бурты или штабеля на подготовленные места, а затем с помощью тракторных и других погрузчиков или вручную загружают в используемые для внесения агрегаты.

При *прямоточной* технологии удобрения на складе загружают непосредственно в разбрасыватели и другие машины для внесения, транспортируют в поле и вносят. Прямоточная технология эффективна при небольшой удаленности полей от склада, а также использовании автомобильных разбрасывателей при основном допосевном внесении удобрений.

Исключительно важное значение при организации рабочих процессов, особенно при перегрузочной и перевалочных схемах внесения удобрений, имеет соблюдение принципов непрерывности, ритмичности, пропорциональности и согласованности, обеспечивающееся правильным подбором машин

с учетом их производительности, необходимым соотношением между машинами и людьми на различных по объему и временным затратам сопряженных операциях единого поточного технологического процесса, подготовкой рабочих мест, выбором наиболее рациональных маршрутов передвижения техники и рабочей силы.

Для производительной работы агрегатов по внесению удобрений требуется предварительная подготовка поля. Она заключается в отбивке поворотных полос или контрольных линий для включения рабочих органов, провешивании линии первого прохода агрегата и разбивки на загоны, если на поле будут работать несколько агрегатов. При перевалочной технологии необходимо определить, отметить и подготовить места загрузки агрегата удобрениями (а при одновременном внесении при посеве — и семенами). В зависимости от размеров полей и технических характеристик агрегатов выбирают способ их движения. Наиболее распространенный способ — челночный, но на полях с малой длиной гона или при отсутствии возможности поворота за пределами поля используют способ движения агрегата с перекрытием.

Перед началом работы проверяют техническую исправность машин, их регулировку и настройку на заданную дозу внесения удобрений, требуемую равномерность внесения, определяют оптимальную рабочую ширину захвата агрегата. Правильность установки на нужную дозу внесения удобрений проверяют в начале работы с помощью пробного заезда по всей длине гона или на определенном участке пути. Скорость движения агрегата при внесении удобрений должна быть постоянной.

Агроэкологические требования. Неравномерность внесения по ширине захвата для машин с дисковыми распределяющими устройствами не должна превышать 22 %, а для машин с штанговыми и роторными распределяющими устройствами — 15%. Отклонение фактической дозы от заданной не может превышать 10 %. Смежные проходы должны соответствовать рабочей ширине захвата, при которой перекрытие стыковых проходов не должно превышать 5%.

При внутрпочвенном ленточном внесении твердых минеральных удобрений отклонение фактической дозы удобрения от заданной также не должно превышать 10 %, а нестабильность дозы по ходу движения допускается ± 5 %. Степень неравномерности распределения удобрений между отдельными сошниками машины составляет не более 10 %, допустимое отклонение между лентами — 2 см, а между стыковыми (от смежных проходов машины) — 10 см. Отклонения фактической глубины заделки удобрения от заданной не должно превышать $\pm 1,5$ см (15—20 %), не менее 80 % удобрений должно находиться в трехсантиметровом слое почвы на заданной глубине внесения, а на поверхности и в верхнем односантиметровом слое их масса должна составлять не более 5 % фактической дозы.

Корневую подкормку зерновых культур и многолетних трав проводят, как правило, зерновыми сеялками поперек посевных рядков, а при перекрестном посеве — по диагонали к посевным рядкам. Ленты удобрений размещают на глубине 2—5 см с интервалом 12—17 см, при этом количество вырванных с корнями растений должно быть не более 3 %.

При междурядной подкормке пропашных культур удобрения вносят лентами на глубину 6—8 см.

Потери удобрений при погрузке на складе, транспортировке и перегрузке в агрегат для внесения не должны превышать 0,03 %, а их гранулометрический состав не должен изменяться более чем на 3 %.

Качество внесения безводного аммиака и аммиачной воды зависит прежде всего от строгого соблюдения установленной глубины внесения, исключая потерю аммиака из почвы. Отклонение фактической дозы этих удобрений от заданной не должно превышать 10 %, а отклонение доз внесения между отдельными лемехами, сошниками (лапами) должно быть не более 15 %. Площадь поврежденной дернины при внесении этих удобрений на сенокосах и пастбищах не должна превышать 3 % обработанной площади. Защитная зона при междурядных подкормках пропашных культур должна быть не менее 15 см.

При поверхностном внесении ЖКУ необходимо систематически визуально контролировать работу всех распылителей, а при внутрпочвенном — при подъеме машины в транспортное положение в конце гона. Следует постоянно поддерживать и контролировать (с помощью манометра) давление в системе, выдерживать установленную ширину рабочего захвата с допустимым перекрытием (не более 5 %) и установленную в соответствии с заданной дозой внесения удобрений скорость движения агрегата. Неравномерность распределения удобрений по ходу движения и ширине захвата агрегата при поверхностном внесении ЖКУ, а также отклонение фактической дозы от заданной не должны превышать ± 10 %. Поверхностное внесение ЖКУ при скорости ветра более 10 м/с не допускается.

Все удобрения необходимо вносить в оптимальные агротехнические сроки, в количествах и соотношениях согласно рекомендациям агрохимической службы и научных учреждений с соблюдением установленных регламентов и агроэкологических требований.

На территории первого пояса зоны санитарной охраны источников хозяйственного водоснабжения и второго пояса - в период непосредственной угрозы паводка запрещено любое внесение не только известковых, но и фосфорных удобрений. При проведении фосфоритования почв и использовании

местных удобрительных материалов необходимо осуществлять контроль за содержанием в почве тяжелых металлов.

Потери питательных элементов удобрений, особенно при несоблюдении оптимальных доз, сроков и способов их внесения, могут быть и после внесения удобрений в почву в результате вымывания в нижние горизонты и сноса стоковыми водами. Прежде всего это относится к азоту и калию на легких почвах с промывным режимом, а на склоновых землях и других подверженных эрозии почвах - ко всем элементам питания растений. Следует не допускать внесения минеральных удобрений в осенне-зимний и ранневесенний периоды на избыточно увлажненных почвах и полях с невыровненным рельефом. Весеннюю подкормку озимых культур и многолетних трав азотом нужно проводить после схода снега и прекращения поверхностного и внутрипочвенного стока талых вод. Чтобы избежать избыточного накопления нитратов в овощной продукции, надо соблюдать установленные регламенты доз азотных удобрений и не проводить азотные подкормки незадолго до наступления товарной спелости культур.

4.3. Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрено.

4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в инте- рактивной, ак- тивной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1.	Диагностика признаков голодания растений	8	-
2	1.	Определение содержания питательных веществ в растениях	8	-
3	2.	Изучение свойств удобрений. Распознавание минеральных удобрений по качественным реакциям	8	Работа в малых группах (6 часа)
ИТОГО			24	6

4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат

Учебным планом не предусмотрено.

5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп.</i>	<i>t_{ср}, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ОПК</i>	<i>ПК</i>				
		<i>1</i>	<i>3</i>				
1	2			12	13	14	15
1. Предмет, объекты и методы агрохимии. Состав и питание растений	44	+	+	2	22	Лк, ПЗ, СР	Экзамен
2. Удобрения и их применение	64	+	+	2	32	Лк, ПЗ, СР	Экзамен
<i>всего часов</i>	108	54	54	2	54		

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Учебное пособие по экологической агрохимии / О.Ю. Лобанкова, А.Н. Есаулко, В.В. Агеев и др.; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Ставропольский государственный аграрный университет. - Ставрополь : Агрус, 2014. - 173 с.: nf,k/ - Библиогр. в кн.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277508> (04.05.2016). – (с. 155-162 тесты для самоконтроля).

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания	Вид занятия	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./чел.)
1	2	3	4	5
Основная литература				
1.	Ващенко, И.М. Основы почвоведения, земледелия и агрохимии: Учебное пособие / И.М. Ващенко, К.А. Миронычев, В.С. Коничев. - М.: МПГУ; Издательство «Прометей», 2013. - 174 с. - ISBN 978-5-7042-2487-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240136 (04.05.2016).	Лк, ПЗ, СР	ЭР	1,0
2.	История агрономии: учебное пособие / - Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2011. - 40 с.; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=230484 (11.04.2016).	Лк, ПЗ, СР	ЭР	1,0
Дополнительная литература				
3.	Софронов, А.А. Практикум по биологическим основам сельского хозяйства : учебное пособие / А.А. Софронов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова». - Архангельск : ИД САФУ, 2014. - 166 с. : табл., схем., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-261-00938-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=312312 (11.04.2016).	Лк, ПЗ, СР	ЭР	1,0
4.	Термины и определения в агрохимии: учебное пособие / - Ставрополь: Агрус, 2012. - 136 с. - ISBN 978-5-9596-0814-9; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232928 (11.04.2016).	Лк, ПЗ, СР	ЭР	1,0
5.	Лабораторный практикум по агрохимии для агрономических специальностей : учебное пособие / А.Н. Есаулко, В.В. Агеев, А.И. Подколзин, О.Ю. Лобанкова ; ФГОУ ВПО, Ставропольский государственный аграрный университет. - изд. 2-е, перераб. и дополн. - Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2010. - 276 с. - ISBN 5-9596-0148-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=138771 (04.05.2016).	Лк, ПЗ, СР	ЭР	1,0

6.	Муха, В. Д. Агропочвоведение : учебник для вузов / В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : КолосС, 2003. - 528 с.	Лк, ПЗ, СР	25	1,0
7.	Муравин, Э. А. Агрохимия: учебник / Э. А. Муравин. - М.: КолосС, 2004. - 384 с.	Лк, ПЗ, СР	20	1,0
8.	Муравин, Э. А. Практикум по агрохимии: учебное пособие / Э. А. Муравин, Л. В. Обуховская, Л. В. Ромодина. - М.: КолосС, 2005. - 288 с.	Лк, ПЗ, СР	30	1,0

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ

http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=.

2. Электронная библиотека БрГУ

<http://ecat.brstu.ru/catalog> .

3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»

<http://biblioclub.ru> .

4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»

<http://e.lanbook.com> .

5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"

<http://window.edu.ru> .

6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина основана на знаниях химических и биохимических процессов, протекающих в почве и в растениях, с целью повышения плодородия почв и увеличения урожайности.

Во время изучения дисциплины «Агрохимия» используются различные образовательные технологии, включающие как традиционные, так и интерактивные подходы. При чтении лекций по данному курсу применяются мультимедиа-технологии с использованием презентаций. Предусмотрено закрепление лекционного курса практическими занятиями с использованием натурального материала. При проведении практических занятий используется работа обучающихся в малых группах.

Самостоятельная работа обучающихся подразумевает индивидуальную работу при подготовке к практическим занятиям, самостоятельное изучение темы, подготовку к экзамену.

Для текущего контроля знаний обучающихся используются отчеты по практическим занятиям, тестирование по темам, предложены вопросы к экзамену.

Для контроля знаний обучающихся предусмотрен экзамен. Экзамен по дисциплине служит для оценки работы обучающихся в течение семестра и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных им теоретических и практических знаний, приобретения навыков самостоятельной работы, умение синтезировать полученные знания.

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических занятий

При подготовке к занятиям обучающиеся прорабатывают основную и дополнительную литературу, лекции. Для закрепления изученного материала проводится опрос в начале занятия. По итогам изучения какой-либо темы обучающимися выполняется тестирование. По порядку выполнения заданий преподаватель дает подробные пояснения. При проведении практических занятий используется работа обучающихся в малых группах временного характера по два-три человека. Каждая из групп получает задание, обсуждают методику его проведе-

ния, выполняют работу и делают выводы по полученным результатам. Результаты работы оформляют в виде отчетов, указывая его название, цель, ход выполнения, материалы и необходимое оборудование, заполняют необходимые таблицы. Затем обучающиеся защищают работы в форме собеседования с преподавателем.

Практическое занятие №1 Диагностика признаков голодания растений

Цель работы: Ознакомление с методом визуальной диагностики голодания растений

Основные теоретические положения

Для благоприятного протекания всех процессов жизнедеятельности растений требуются элементы минерального питания в различном соотношении. Часто недостаток или избыток того или иного элемента имеет внешние признаки. Изменения внешнего вида растений бывают настолько характерны, что могут служить признаком для определения различных нарушений минерального питания. Голодание растений часто наблюдается при краткосрочном сдвиге оптимального соотношения элементов; оно может иметь место даже на высоком питательном фоне при неблагоприятном сочетании внешних факторов роста – освещенности, влажности, температуры, аэрации.

Те растения, по внешнему виду которых легко определить недостаток или избыток какого-либо элемента минерального питания, называют растениями-индикаторами.

Задания:

1. Описать особенности азотного, фосфорного, калийного голодания у растений и недостатка микроэлементов.
2. Оценить высоту и массу растений, их соответствие фазе развития, окраску листьев, длину междоузлий, упругость стебля, выпоненность побега.
3. По результатам оценки составляют заключение, указывающее все отклонения от нормы.

Форма отчетности: отчет согласно требованиям, указанным выше

Задания для самостоятельной работы:

1. Агрохимическое обследование почв на содержание доступных для растений элементов питания.

Основная литература

1. Ващенко, И.М. Основы почвоведения, земледелия и агрохимии: Учебное пособие / И.М. Ващенко, К.А. Миронычев, В.С. Коничев. - М.: МПГУ; Издательство «Прометей», 2013. - 174 с. - ISBN 978-5-7042-2487-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240136> (04.05.2016).
2. История агрономии: учебное пособие / - Новосибирск : Новосибирский государственный аграрный университет, 2011. - 40 с.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=230484> (11.04.2016).

Дополнительная литература

1. Софронов, А.А. Практикум по биологическим основам сельского хозяйства : учебное пособие / А.А. Софронов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова». - Архангельск : ИД САФУ, 2014. - 166 с. : табл., схем., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-261-00938-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=312312> (11.04.2016).
2. Термины и определения в агрохимии: учебное пособие / - Ставрополь: Агрус, 2012. - 136 с. - ISBN 978-5-9596-0814-9; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232928> (11.04.2016).
3. Лабораторный практикум по агрохимии для агрономических специальностей : учебное пособие / А.Н. Есаулко, В.В. Агеев, А.И. Подколзин, О.Ю. Лобанкова ; ФГОУ ВПО, Ставропольский государственный аграрный университет. - изд. 2-е, перераб. и дополн. - Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2010. - 276 с. - ISBN 5-9596-0148-6; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=138771> (04.05.2016).
4. Муха, В. Д. Агрочесоведение : учебник для вузов / В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : КолосС, 2003. - 528 с.
5. Муравин, Э. А. Агрохимия: учебник / Э. А. Муравин. - М.: КолосС, 2004. - 384 с.
6. Муравин, Э. А. Практикум по агрохимии: учебное пособие / Э.А. Муравин, Л.В. Обуховская, Л.В.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Растворы, используемые для ликвидации недостатка элемента питания.
2. Значение визуальных наблюдений.
3. Методы диагностики голодания растений.

Практическое занятие №2 Определение содержания питательных веществ в растениях

Цель работы: научиться определять экспресс-методом нитраты, фосфаты, калий.

Основные теоретические положения

Метод тканевой экспресс-диагностики разработан В. В. Церлингом и предназначен для быстрого ориентировочного контроля питания растений в ранние фазы развития, когда корректировка обнаруженного дефицита элемента наиболее эффективна. Это полуколичественный метод определения концентрации неорганических форм азота, фосфора и калия, основанный на взаимодействии с различными химическими реактивами и получении цветного окрашивания срезов свежих растений, сравниваемого по интенсивности окраски с соответствующей шкалой и оцениваемого в баллах. Чтобы сделать срез растений, на каждом стебле средней пробы выше второго узла на 10-15 мм под углом 45° бритвенным лезвием вырезается пластинка стебля толщиной 1,5-2 мм. Срезы кладутся для определения нитратов на предметное стекло, для определения фосфатов и калия – на кусочек фильтрованной бумаги, положенной на стекло.

Принцип метода определения нитратного азота. Обнаружение нитратного азота основано на его цветной реакции с дифениламином, в результате которой появляется синее окрашивание. По интенсивности окраски определяется концентрация азота в растениях.

Принцип метода определения фосфора. Обнаружение фосфора основано на его цветной реакции с молибденово-кислым аммонием, бензидином и уксуснокислым натрием, в результате которой появляется синее окрашивание. По интенсивности окраски определяется концентрация фосфора в растениях.

Принцип метода определения калия. Обнаружение калия основано на его цветной реакции с раствором дипикриламина магния и соляной кислоты, в результате которой появляется окрашивание от лимонно-желтого до красно-сурикового цвета. По интенсивности окраски определяется концентрация калия в растениях.

Задания:

1. В свежеприготовленных поперечных срезах частей растений определить: нитратный азот, подвижные соединения фосфора и обменный калий.
2. Полученные данные занести в итоговую таблицу и проанализировать результаты.

Вариант опыта	Элемент	Балл по повторностям						Средний балл	Рекомендации
		1	2	3	4	5	6		
	N-NO ₃								
	P ₂ O ₅								
	K ₂ O								

Форма отчетности: отчет согласно требованиям, указанным выше

Задания для самостоятельной работы:

1. Листовая диагностика.

Основная литература

1. Ващенко, И.М. Основы почвоведения, земледелия и агрохимии: Учебное пособие / И.М. Ващенко, К.А. Миронычев, В.С. Коничев. - М.: МПГУ; Издательство «Прометей», 2013. - 174 с. - ISBN 978-5-7042-2487-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240136> (04.05.2016).
2. История агрономии: учебное пособие / - Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2011. - 40 с.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=230484> (11.04.2016).

Дополнительная литература

1. Софронов, А.А. Практикум по биологическим основам сельского хозяйства : учебное пособие / А.А. Софронов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова». - Архангельск : ИД САФУ, 2014. - 166 с. : табл., схем., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-261-00938-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=312312> (11.04.2016).
2. Термины и определения в агрохимии: учебное пособие / - Ставрополь: Агрус, 2012. - 136 с. - ISBN 978-5-9596-0814-9; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232928> (11.04.2016).
3. Лабораторный практикум по агрохимии для агрономических специальностей : учебное пособие / А.Н. Есаулко, В.В. Агеев, А.И. Подколзин, О.Ю. Лобанкова ; ФГОУ ВПО, Ставропольский государственный аграрный университет. - изд. 2-е, перераб. и дополн. - Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2010. - 276 с. - ISBN 5-9596-0148-6; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=138771> (04.05.2016).
4. Муха, В. Д. Агрочвоведение : учебник для вузов / В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : КолосС, 2003. - 528 с.
5. Муравин, Э. А. Агрохимия: учебник / Э. А. Муравин. - М.: КолосС, 2004. - 384 с.
6. Муравин, Э. А. Практикум по агрохимии: учебное пособие / Э.А. Муравин, Л.В. Обуховская, Л.В. Ромодина. - М.: КолосС, 2005. - 288 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Преимущества тканевой экспресс-диагностики.
2. Метод Магницкого.
3. Прибор ОП-2, его устройство и принцип работы.

Практическое занятие № 3 Изучение свойств удобрений. Распознавание минеральных удобрений по качественным реакциям

Цель работы: научиться распознавать минеральные удобрения.

Основные теоретические положения

Основные признаки удобрений

Цвет устанавливают визуально, принимая во внимание возможность его изменения при транспортировке и хранении.

Растворимость в воде. Удобрения подразделяются на порошковидные, кристаллические и аморфные. К кристаллическим относятся все азотные удобрения (за исключением цианамид кальция) и все калийные, к аморфным – все фосфорные и известковые. Кристаллические удобрения либо полностью, либо заметно растворяются в воде. Аморфные удобрения, слабо растворимы в воде. Визуально растворимость этих удобрений в воде установить практически невозможно. Для определения растворимости в пробирку помещают 1 г удобрения, добавляют 10 мл дистиллированной воды, встряхивают и наблюдают.

Качественные реакции при определении свойств удобрений

Реакция со щелочью проводится для установления наличия иона аммония в удобрении. К 2-3 мл водного раствора удобрения добавляют несколько капель (5-8) щелочи, прикрывают пробирку пальцем и встряхивают. Присутствие иона аммония определяется характерным запахом аммиака, образовавшегося в результате реакции.

Реакция с хлористым барием позволяет определить в удобрении сульфат-ион. В этом случае при добавлении к 2-3 мл раствора удобрения 2-3 капель раствора хлористого бария выпадает белый осадок, не растворимый при подкислении раствора 1-2 мл слабой уксусной кислотой.

Реакция с азотнокислым серебром показывает наличие в растворе иона хлора. К 2 мл раствора удобрения приливают 2-3 капли раствора азотнокислого серебра и встряхивают содержимое. Если ион хлора присутствует, то появляется хлопьевидный осадок хлористого серебра.

Поведение на раскаленном угле. На раскаленный в ложечке или шпатель уголь насыпают 0,2-0,3 г удобрения (с кончика ножа) и отмечают быстроту его сгорания, цвет пламени, запах. Дает возможность отличить калийные удобрения от азотных.

Задания:

1. Охарактеризовать удобрения по следующим параметрам:
 - внешнему виду (по цвету, запаху, характеру кристаллов, гранул, порошков);
 - растворимости в воде;
 - характерным реакциям.
2. Распознавание удобрений проводят по специальным схемам, а результат оформляют по форме таблицы.

№ п\п	Удобрение	Формула	Внешний вид, запах	Растворимость	Реакции						Поведение на раскаленном угле
					NaOH	BaCl ₂	AgNO ₃	(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ *4H ₂ O	Дифениламин	

Форма отчетности: отчет согласно требованиям, указанным выше

Задания для самостоятельной работы:

1. Применение удобрений и охрана окружающей среды.

Основная литература

1. Ващенко, И.М. Основы почвоведения, земледелия и агрохимии: Учебное пособие / И.М. Ващенко, К.А. Миронычев, В.С. Коничев. - М.: МПГУ; Издательство «Прометей», 2013. - 174 с. - ISBN 978-5-7042-2487-7; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240136> (04.05.2016).
2. История агрономии: учебное пособие / - Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2011. - 40 с.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=230484> (11.04.2016).

Дополнительная литература

1. Софронов, А.А. Практикум по биологическим основам сельского хозяйства : учебное пособие / А.А. Софронов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова». - Архангельск : ИД САФУ, 2014. - 166 с. : табл., схем., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-261-00938-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=312312> (11.04.2016).
2. Термины и определения в агрохимии: учебное пособие / - Ставрополь: Агрус, 2012. - 136 с. - ISBN 978-5-9596-0814-9; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232928> (11.04.2016).
3. Лабораторный практикум по агрохимии для агрономических специальностей : учебное пособие / А.Н. Есаулко, В.В. Агеев, А.И. Подколзин, О.Ю. Лобанкова ; ФГОУ ВПО, Ставропольский государственный аграрный университет. - изд. 2-е, перераб. и дополн. - Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2010. - 276 с. - ISBN 5-9596-0148-6; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=138771> (04.05.2016).
4. Муха, В. Д. Агрочесоведение : учебник для вузов / В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : КолосС, 2003. - 528 с.
5. Муравин, Э. А. Агрохимия: учебник / Э. А. Муравин. - М.: КолосС, 2004. - 384 с.
6. Муравин, Э. А. Практикум по агрохимии: учебное пособие / Э.А. Муравин, Л.В. Обуховская, Л.В. Ромодина. - М.: КолосС, 2005. - 288 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Распознавание калийных удобрений по внешним признакам.
2. Определение трудно растворимых фосфорных удобрений.
3. Определение удобрений, содержащих аммиак.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Информационно-коммуникативные технологии (ИКТ) преподаватель использует для:

- получения информации при подготовке к занятиям;
- создания презентационного сопровождения лекционных занятий;
- работы в электронной информационной среде;
- пакет прикладных программ (Microsoft).
- ОС Windows 7 Professional;
- Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level;
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ Лк, ПЗ</i>
1	3	4	5
Лк	Комплексная лаборатория лесного хозяйства, таксации леса и древесиноведения	Интерактивная доска торговой марки Promethean модель Activ Board 587 Pro с настенным креплением и программным обеспечением Promethean Activin-Spire, проектор мультимедийный торговой марки «GASIO»	ЛК № 1.2, 2.2, 2.3
ПЗ	Комплексная лаборатория лесного хозяйства, таксации леса и древесиноведения	-	-
СР	ЧЗ1	Оборудование 10-ПК i5-2500/Н67/4Gb(монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-1	способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	1. Предмет, объекты и методы агрохимии. Состав и питание растений 2. Удобрения и их применение	1.1. Агрохимия, ее роль и значение для сельского хозяйства. Методы агрохимии. Производство удобрений, их применение в стране и за рубежом	Экзаменационные вопросы 1-5
			2.1. Понятие об удобрениях, их классификация. Способы и сроки внесения удобрений	Экзаменационные вопросы 6-8
ПК-3	готовность реализовывать технологии выращивания посадочного материала: декоративных деревьев и кустарников, цветочных культур, газонов в открытом и закрытом грунте	1. Предмет, объекты и методы агрохимии. Состав и питание растений 2. Удобрения и их применение	1.2. Понятие о питании растений. Воздушное и корневое питание растений. Химический состав растений. Органические и минеральные соединения, определяющие качество продукции	Экзаменационные вопросы 9-14
			2.2. Производство и применение минеральных удобрений. Основные физические, химические и механические свойства минеральных удобрений.	Экзаменационные вопросы 15-18
			2.3. Виды органических удобрений. Их состав, свойства и применение	Экзаменационные вопросы 19-22
			2.4. Действие удобрений на урожай и качество сельскохозяйственных культур. Удобрения – основной фактор повышения урожаев. Возможные экологические проблемы применения удобрений	Экзаменационные вопросы 23-27

2. Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ОПК-1	способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	1. Лабораторные методы: химические, биохимические и микробиологические	1. Предмет, объекты и методы агрохимии. Состав и питание растений
			2. Объекты агрохимии	
			3. Агрохимия, ее роль и значение для сельского хозяйства.	
			4. Производство удобрений, их применение в стране и за рубежом	
			5. Биологические методы: полевой, вегетационный и лизиметрический.	
			6. Классификация удобрений	
			7. Способы внесения удобрений	
			8. Сроки внесения удобрений	
2.	ПК-3	готовность реализовывать технологии выращивания посадочного материала: декоративных деревьев и кустарников, цветочных культур, газонов в открытом и закрытом грунте	9. Состав в растениях сухого вещества	1. Предмет, объекты и методы агрохимии. Состав и питание растений 2. Удобрения и их применение
			10. Элементный состав растений.	
			11. Воздушное питание растений	
			12. Корневое питание растений	
			13. Влияние условий минерального питания на рост, развитие и продуктивность растений	
			14. Растительная диагностика питания растений	
			15. Азотные удобрения. Пути снижения потерь и повышения эффективности азотных удобрений	
			16. Фосфорные удобрения. Пути повышения эффективности фосфорных удобрений	
			17. Промышленные и местные калийные удобрения	
			18. Микроудобрения	
			19. Навоз, навозная жижа. Действие навоза на почву и растения.	
			20. Птичий помет. Торфяные компосты	
			21. Нетрадиционные органические удобрения	
			22. Зеленое удобрение	
			23. Система удобрения и уровни интенсивности технологий.	
			24. Почвенно-климатические и ландшафтные условия применения удобрений.	
			25. Сертификация минеральных удобрений	
			26. Определение доз минеральных удобрений	
			27. Транспортировка, хранение, внесение минеральных удобрений	

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать (ОПК-1): - основные методы и системы агрохимии;</p> <p>(ПК-3): - биологические особенности посадочного материала.</p> <p>Уметь (ОПК-1): - использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;</p> <p>(ПК-3): - реализовывать технологии выращивания посадочного материала: декоративных деревьев и кустарников, цветочных культур, газонов в открытом и закрытом грунте.</p> <p>Владеть (ОПК-1): - информацией по содержанию объектов ландшафтной архитектуры;</p> <p>(ПК-3): - современными технологиями выращивания декоративных растений.</p>	отлично	Оценка «5» («отлично») выставляется обучающимся, обнаружившим все-стороннее знание теоретических основ дисциплины, умение свободно выполнять практические задания, проявившим творческие способности в понимании, изложении материала
	хорошо	Оценка «4» («хорошо») выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по теоретическим основам дисциплины и успешно выполнившим предусмотренные программой задачи
	удовлетворительно	Оценка «3» («удовлетворительно») выставляется обучающимся, обладающим необходимыми знаниями, но допустившим неточности при выполнении заданий
	неудовлетворительно	Оценка «2» («неудовлетворительно») выставляется обучающимся, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина Агрохимия направлена на ознакомление с системами и методами агрохимии, классификацией минеральных и органических удобрений, питанием растений; растительной диагностикой.

Изучение дисциплины Агрохимия предусматривает:

- лекции,
- практические занятия;
- самостоятельную работу;
- экзамен.

В ходе освоения раздела 1. Предмет, объекты и методы агрохимии. Состав и питание растений - обучающиеся должны познакомиться с основными методами и объектами агрохимии, воздушным и корневым питанием растений; раздела 2. Удобрения и их применение - бакалавры должны познакомиться с минеральными и органическими удобрениями, системой удобрений и уровнями интенсивности технологий.

В процессе изучения дисциплины рекомендуется на первом этапе обратить внимание

на объекты профессиональной деятельности.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить всем вопросам.

В процессе проведения практических работ происходит закрепление знаний, полученных обучающимися при изучении данного курса, и приобретение практических навыков в определении способов обработки почвы, изучении сорных растений и свойств удобрений.

Самостоятельную работу необходимо начинать с умения пользоваться библиотечным фондом вуза. В процессе консультации с преподавателем уметь четко и корректно формулировать заданные вопросы.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете. Предусмотрено проведение аудиторных занятий (в виде лекций и практических занятий) в сочетании с внеаудиторной работой.

АННОТАЦИЯ
рабочей программы дисциплины
Агрохимия

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является дать представление о методах и способах применения удобрений с целью увеличения урожаев и повышения плодородия почв.

Задачей изучения дисциплины является изучение свойств, способов и технологий хранения, подготовки и внесения органических и минеральных удобрений.

2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: Лк - 12 час, ПЗ - 24 час, СР – 72 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 часов, 4 зачетные единицы

2.2 Основные разделы дисциплины:

- 1 – Предмет, объекты и методы агрохимии. Состав и питание растений
- 2 – Удобрения и их применение

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ОПК-1);
- готовность реализовывать технологии выращивания посадочного материала: декоративных деревьев и кустарников, цветочных культур, газонов в открытом и закрытом грунте (ПК-3).

4. Вид промежуточной аттестации: экзамен

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе
на 20__-20__ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

Протокол заседания кафедры ВиПЛР №__ от «__» _____ 20__ г.,

Заведующий кафедрой ВиПЛР _____ Иванов В.А.

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 35.03.10 Ландшафтная архитектура от «11» марта 2015 г. № 194

для набора 2015 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «13» июля 2015 г. № 475

для набора 2017 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» марта 2017 г. № 125.

Программу составил:

Пузанова О.А., доцент, к.с-х.н., доцент _____

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ВиПЛР

от «25» декабря 2018 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой
ВиПЛР _____

Иванов В.А.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой _____

Иванов В.А.

Директор библиотеки _____

Сотник Т.Ф.

Рабочая программа одобрена методической комиссией факультета ЛПФ

от «27» декабря 2018 г., протокол № 4

Председатель методической комиссии факультета _____

Сыромаха С.М.

СОГЛАСОВАНО:

Начальник
учебно-методического управления _____

Нежевец Г.П.

Регистрационный № _____
