

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**

### **ЗЕМЛЕДЕЛИЕ С ОСНОВАМИ АГРОХИМИИ В САДОВО-ПАРКОВОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

**Б1.В.ДВ.09.01**

#### **НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**35.03.10** Ландшафтная архитектура

#### **ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Садово-парковое и ландшафтное строительство**

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>4</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....	4
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	6
4.3 Лабораторные работы.....	70
4.4 Практические занятия.....	71
4.5 Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	71
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>72</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>73</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>73</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>74</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>74</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ .....	75
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>79</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>79</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>80</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>84</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>	<b>85</b>

# 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

Формирование представлений по научным и технологическим основам земледелия, почвоведения и агрохимии, на которых базируются технологии производства продукции растениеводства.

## Задачи дисциплины

Изучение законов земледелия, приемов, способов и технологий обработки почвы, методологических принципов проектирования севооборотов и реализации экологически обоснованных современных систем земледелия и путей повышения их продуктивности; свойств, способов и технологий хранения, подготовки и внесения органических и минеральных удобрений, а также химических мелиорантов при соблюдении высокого уровня экологической безопасности современных систем земледелия.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-1	способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	<b>знать:</b> - основные законы и системы земледелия, приемы обработки почвы <b>уметь:</b> - использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности; <b>владеть:</b> - 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	<b>знать:</b> - биологические особенности посадочного материала; <b>уметь:</b> - реализовывать технологии выращивания посадочного материала: декоративных деревьев и кустарников, цветочных культур, газонов в открытом и закрытом грунте; <b>владеть:</b> - современными технологиями выращивания декоративных растений.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.ДВ.09.01 Земледелие с основами агрохимии в садово-парковом хозяйстве относится к дисциплинам по выбору.

Дисциплина Земледелие с основами агрохимии в садово-парковом хозяйстве базируется на знаниях, полученных при изучении таких учебных дисциплин, как: почвоведение, декоративная дендрология.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, Земледелие с основами агрохимии в садово-парковом хозяйстве 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
<b>Очная</b>	4	8	144	36	12	-	24	72	-	Экзамен
<b>Заочная</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Заочная (ускоренное обучение)</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Очно-заочная</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### 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
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	36	9	36
Лекции (Лк)	12	3	12
Практические занятия (ПЗ)	24	6	24
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	72	-	72
Подготовка к практическим занятиям	36	-	36
Подготовка к экзамену в течение семестра	36	-	36
<b>III. Промежуточная аттестация экзамен</b>	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
<b>1.</b>	<b>Основы земледелия</b>	<b>44</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>24</b>
1.1.	Понятие о почве и ее плодородии. Виды плодородия разных типов почв. Гумус, его роль в плодородии и мероприятия по регулированию его содержания.	22	2	8	12
1.2.	Основные законы земледелия и их использование в производстве. Сорные растения, биологические особенности, их классификация. Цели и задачи обработки почвы при различных уровнях интенсификации земледелия. Технологические операции при обработке почвы. Адаптивно-ландшафтный характер земледелия. Системы земледелия, их составные части	22	2	8	12
<b>2.</b>	<b>Основы агрохимии</b>	<b>64</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>48</b>
2.1.	Агрохимия, ее роль и значение для сельского хозяйства. Методы агрохимии. Понятие об удобрениях, их классификация. Способы и сроки внесения удобрений.	10	2	-	8
2.2.	Минеральные (азотные, фосфорные, калийные) удобрения. Пути снижения потерь и повышения эффективности удобрений. Микроудобрения. Комплексные удобрения.	24	2	8	14
2.3.	Виды органических удобрений. Их состав, свойства и применение	16	2	-	14
2.4.	Система удобрений. Почвенно-климатические и ландшафтные условия применения удобрений. Оценка экономической эффективности применения удобрений и сертификация удобрений. Транспортировка, хранение и внесение удобрений, агроэкологические требования	14	2	-	12
	<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>72</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

## Раздел 1. Основы земледелия

### Тема 1.1. Понятие о почве и ее плодородии. Виды плодородия разных типов почв. Гумус, его роль в плодородии и мероприятия по регулированию его содержания.

#### *Понятие о почве и ее плодородии*

Почвой следует назвать «дневные» или наружные горизонты горных пород (все равно каких), естественно измененные совместным воздействием воды, воздуха и различного рода организмов, живых и мертвых. Все почвы на земной поверхности образуются путем чрезвычайно сложного взаимодействия местного климата, растительности и животных организмов, состава и строения материнских горных пород, рельефа местности и, наконец, возраста почвы. Почва играет большую роль в природе и жизни человеческого общества. С одной стороны, благодаря тому, что растения усваивают воду и элементы питания из почвы, она является необходимым условием развития растений, с другой – сами растения служат пищей для животных и человека. Следовательно, почва как продукт жизни одновременно служит условием дальнейшего развития жизни на Земле. Почва – основное средство сельскохозяйственного производства и объект труда. **Основным свойством почвы** является ее **плодородие**.

**Плодородие почвы** – это способность удовлетворять потребность растений в элементах питания, воде, обеспечивать их корневые системы достаточным количеством воздуха, тепла для нормальной деятельности и формирования урожая.

Каждой почве свойственны определенные показатели плодородия (биологические, агрофизические и агрохимические).

К **биологическим показателям** относятся органическое вещество и микрофлора почвы, а также наличие семян и вегетативных органов сорняков, зараженность почвы вредителями и возбудителями болезней; к **агрохимическим** – поглотительная – поглотительная способность почвы, реакция почвенного раствора, наличие в почве питательных веществ; у **агрофизическим** – механический состав, структура и плотность почвы, строение и мощность пахотного слоя. Эти показатели почвы определяют состояние водного, воздушного, теплового и питательных режимов почвы.

В условиях интенсификации сельского хозяйства научной задачей земледелия должно быть установление моделей плодородия по комплексной системе его показателей, определяющих величину урожая.

В.Р. Вильямс различал **элементы плодородия** – это факторы жизни растений, связанные с почвой, – питательные вещества и вода. Условия плодородия – такое состояние почвы, при котором обеспечивается наилучший приток и использование растениями элементов плодородия и устраняется антогонизм между ними. Это физические свойства почвы, ее реакция (кислотность, щелочность), чистота от семян и вегетативных органов сорняков, возбудителей болезней и вредителей. В процессе окультуривания необходимо регулировать условия плодородия почвы, обеспечивающее максимальное содержание в ней элементов плодородия.

Условия плодородия зависят не только от природных свойств почвы, они создаются человеком в процессе функционирования земли в качестве средства сельскохозяйственного производства, т.е. в результате окультуривания почвы. **Окультуривание почвы** – это процесс изменения природных свойств в благоприятную сторону путем применения научно обоснованных приемов воздействия на нее (мелиорация, известкование и гипсование, внесение удобрений, рациональная обработка, освоение севооборотов, борьба с засоренностью и зараженностью болезнями и вредителями и др.) в комплексе мероприятий зональной системы земледелия. Для окультуривания почвы используются методы биологического, химического и физического воздействия на нее.

Сохранение и воспроизводство плодородия почв – главная задача земледелия. **Воспроизводство плодородия почвы** – это программное повышение плодородия, осуществляемое в системах земледелия на основе оптимальных моделей плодородия. Простое воспроизводство плодородия почвы – восстановление плодородия до исходного уровня, расширенное воспроизводство – повышение плодородия по сравнению с исходным уровнем. С помощью комплекса мероприятий системы земледелия необходимо обеспечивать в почве бездефицитный и положительный баланс гумуса.

#### **Виды плодородия разных типов почв**

Установлены различные понятия плодородия почвы. Различают **естественное плодородие** почвы, которое создавалось под влиянием естественных факторов почвообразования, и **эффективное плодородие**, которое является результатом совокупного влияния природных факторов и производственной деятельности человека, зависит от хозяйственного воздействия его на почву, характеризуется уровнем урожая. В настоящее время производственная деятельность человека оказывает все большее влияние на плодородие почвы. Таким образом, **плодородие почвы** – это не статическое

(неподвижное) свойство, а динамическое, и при правильном использовании почвы оно непрерывно возрастает.

С таким материалистическим пониманием плодородия почвы находится в полном противоречии «закон убывающего плодородия почвы», согласно которому каждая последующая затрата труда и средств производства на одном и том же участке земли дает все меньшую прибавку урожая.

Единственный довод в пользу закона представляет собой «бессодержательнейшую абстракцию, которая оставляет в стороне самое главное: уровень техники, состояние производительных сил». И далее: «закон убывающего плодородия почвы» вовсе не применим к тем случаям, когда техника прогрессирует, когда способы производства преобразуются; он имеет лишь весьма относительное и условное применение к тем случаям, когда техника остается неизменным».

*Условия плодородия* - это такое состояние почвы, при котором обеспечивается наилучший приток и использование растениями элементов плодородия и устраняется антагонизм между ними. К условиям плодородия относятся физические свойства почвы, ее реакция, чистота зачатков сорняков, возбудителей болезней и вредителей.

Условие плодородия зависят не столько от природных свойств почвы, сколько создаются в процессе функционирования земли в качестве средства сельскохозяйственного производства, то есть в результате окультуривания почвы.

Окультуривание есть процесс изменения важных природных свойств почвы в благоприятную сторону путем применения научно обоснованных приемов воздействия на почву (мелиорация, известкование и гипсование, внесение удобрений, обработка почвы, борьба с засоренностью и зараженностью и др.).

Для окультуривания почвы используются методы биологического, химического и физического воздействия.

*Биологический метод* заключается в регулировании процессов синтеза и разложения органического вещества в почве, правильном подборе возделываемых растений и их сортов, наилучшем соотношении между ними и правильном чередовании их в севообороте.

Особенное влияние на баланс органического вещества в почве оказывает посев многолетних бобовых трав и травосмесей бобовых и злаковых. Посевы бобовых трав служат также наиболее дешевым и доступным способом обогащения почвы азотом путем фиксации его из атмосферного воздуха клубеньковыми бактериями. Большое влияние оказывают также посевы бобовых растений на зеленое удобрение, использование различных приемов регулирования численности и состава микрофлоры. Разложение органического вещества в почве усиливается при более глубокой и своевременной обработке почвы, введении в севообороты пропашных культур и чистых паров.

*Химический метод* предусматривает применение минеральных удобрений, известкование и гипсование почвы для пополнения запасов доступных растениям питательных веществ и устранения неблагоприятных химических свойств почвы и почвенного раствора (кислотность, щелочность).

*Физический метод* состоит в физико-механических воздействиях на почву. Сюда относятся приемы обработки почвы, физико-химические методы создания почвенной структуры, приемы регулирования водного, воздушного и теплового режимов почвы, включая гидротехнические мелиорации.

Каждый из этих трех методов воздействует в той или иной степени на все свойства почвы и процессы в ней, но наилучшие результаты можно получить лишь при умелом сочетании всех трех методов.

Уровень плодородия и степень окультуренности почвы определяют по ряду показателей, которые условно можно разделить на те же три группы, что и методы окультуривания. Показатели плодородия и окультуренности почвы. К *биологическим показателям* относятся органическое вещество и микрофлора почвы. Органическое вещество почвы находится: а) в отмерших телах растений, животных и микроорганизмов, внесенных в почву органических удобрениях, находящихся на разных стадиях разложения; б) в продуктах жизнедеятельности, выделяемых в почву обитающими в ней живыми организмами; в) в почвенном перегное.

Масса отмерших остатков растений в пахотном слое на гектаре колеблется от нескольких центнеров до 10 т и более и зависит от вида возделываемых растений и приемов агротехники. Масса отмерших микроорганизмов в течение одного года может достигать, по данным Н. А. Красильникова, 6 т на гектар. Гумус является основным источником питательных веществ для растений. Он содержит от 3,5 до 5% азота.

*Химический состав* почв в основном зависит от почво-образующих пород. Однако есть и существенные различия между содержанием отдельных химических элементов в почве и в материнской породе. Прежде всего, почвы содержат углерод и азот, входящие в состав гумуса, которого нет в породе (исключение составляют почвы, сформировавшиеся на торфяниках и разных погребенных органических отложениях). Кроме того, растения извлекают корнями из глубоких горизонтов необходи-

мые элементы питания, которые при отмирании растений аккумулируются в пахотном слое. Наряду с этим многие элементы постепенно вытесняются из верхних горизонтов вследствие промывания почвы осадками.

### ***Гумус, его роль в плодородии и мероприятия по регулированию его содержания***

Важнейшей составной частью почвы, определяющей ее свойства и плодородие, является перегной, или гумус. Это темное аморфное коллоидное вещество сложного химического состава, образовавшееся в результате разложения мертвых остатков растений и животных и последующих процессов новообразования органических веществ.

Органические остатки растений и животных в почве под влиянием воды, воздуха и микроорганизмов претерпевают различные изменения. Часть органических веществ минерализуется до конечных продуктов распада ( $M$ ,  $CO_2$ , минеральные вещества), используемых вновь для питания растений, микроорганизмов, и переходит в плазму их тела, а некоторая часть продуктов разложения органического вещества и микробного синтеза превращается в гумус.

Таким образом, под перегноем понимают не все органические остатки, сохранившиеся в почве, а только вновь возникшее органическое вещество.

Значение гумуса в почве огромно. Он улучшает ее химические и биологические свойства, способствует образованию прочной структуры, при минерализации обеспечивает растения азотом и зольными элементами в доступной форме. Гумус служит также хорошим субстратом для развития полезной почвенной микрофлоры.

От количества гумуса зависит и плодородие почвы. Непрерывное возделывание большинства сельскохозяйственных культур ведет к минерализации, потере перегноя. Внесение в почву органических удобрений (навоз, торф, сидераты), возделывание сельскохозяйственных растений с мощной корневой системой в пахотном слое, поддержание благоприятного воздушно-водного режима почвы и реакции среды, способствующей микробиологической деятельности, приводят к увеличению количества гумуса и повышению плодородия.

**Тема 1.2. Основные законы земледелия и их использование в производстве. Сорные растения, биологические особенности, их классификация. Цели и задачи обработки почвы при различных уровнях интенсификации земледелия. Технологические операции при обработке почвы. Адаптивно-ландшафтный характер земледелия. Системы земледелия, их составные части.** Компьютерная презентация – 1 часа.

Для получения высоких и устойчивых урожаев необходимо знание требований, предъявляемых растениями к факторам и условиям жизни, и способов их регулирования.

*Из этого вытекают две основные научные задачи земледелия:* 1) изучать требования растений к факторам жизни и условиям среды и разрабатывать наиболее эффективные способы их обеспечения в результате научных экспериментов; 2) изучать изменения внешней среды, особенно почвенных условий, под влиянием применяемой технологии и жизнедеятельности растений также в процессе научных исследований.

Растения в процессе роста, развития и создания урожая требуют постоянного притока факторов жизни - космических и земных. К космическим факторам относятся свет и тепло; к земным - углекислый газ, кислород, вода,  $N, P, K, Ca$  и др., зольные элементы. Каждый из названных факторов имеет важное значение в жизни растений.

На изменение космических факторов человек может воздействовать только косвенно, исключая искусственные условия (фитотрон, оранжерея, теплица). В этом состоит трудность управления урожаем. Земные факторы доходят до растений через посредника — почву и приземный слой атмосферы. Поэтому, воздействуя на почву, чтобы изменить ее агрономические свойства, человек активно управляет урожаем растений.

Основным **источником света** для растений полевой культуры служит солнечная радиация. Ее распределение по поверхности планеты, суточная и сезонная динамика различаются в зависимости от географических поясов Земли.

Солнечная радиация в решающей степени определяет климат Земли. Хотя этот источник находится вне нашего влияния, степень использования световой энергии для фотосинтеза зависит от уровня агротехники. Для лучшего ее использования применяют специальные приемы, используют такие способы посева и направление рядков, при которых лучше используется утренний и вечерний свет, в других полдневный.

Своевременное прореживание растений и уничтожение сорняков улучшают освещенность растений. При возделывании растений в условиях защищенного грунта применяют искусственное освещение. В искусственных условиях (фитотронах, оранжереях, теплицах, вегетационных домиках) световой режим регулируется дополнительным освещением.



**Свет необходим растениям для важнейшего физиологического процесса** — фотосинтеза, превращения кинетической энергии солнечных лучей в потенциальную энергию органического вещества зеленого растения.

Требования различных сельскохозяйственных культур к продолжительности светового дня и интенсивности освещения неодинаковы. Есть растения так называемого «длинного» дня (пшеница, овес, ячмень, горох, лен, клевер) и «короткого» (кукуруза, рис, сорго, просо, соя, хлопчатник и др.). На развитие некоторых культур (гречиха, табак) продолжительность светового дня резко не влияет. По реакции на интенсивность освещения различают растения светолюбивые (картофель) и теневыносливые (лен).

Роль света в жизни растений изучает физиология, выводы которой используются в земледелии и растениеводстве для разработки способов повышения коэффициента использования света растениями.

**В полевых условиях световой режим можно регулировать**, дифференцируя нормы высева, способы посева, формируя густоту стояния растений, изменяя направление рядков и уничтожая сорняки. Огромное значение для повышения эффективности использования лучистой энергии солнца имеет селекция, т. е. выведение высокоурожайных сортов культурных растений.

**Тепло** - другой космический фактор жизни растений, который наряду со светом представляет основной фактор жизни растений и необходимые условия для биологических, химических и физических процессов в почве.

Каждое растение на различных фазах развития предъявляет определенные, но неодинаковые требования к теплу, выяснение которых составляет одну из задач физиологии растений и научного земледелия. В задачу земледелия входит изучение теплового режима почвы и способов его регулирования.

Тепло является фактором и условием протекания биологических, химических и физических процессов в почве и растениях. Разные растения в определенные фазы предъявляют неодинаковые требования к теплу. Температура воздуха и почвы является решающим диагностическим показателем при определении оптимальных сроков сева (агротехнических — для яровых).

Большое значение имеют тепловые условия для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, от которых зависят процессы образования доступных для растений питательных веществ, а так же связывание атмосферного азота клубеньковыми и свободно живущими бактериями.

Для жизнедеятельности как различных растений, так и микроорганизмов необходимы минимальные, оптимальные и максимальные температуры.

**Требования растений к теплу изучают физиология и земледелие.** В задачу земледелия входит также изучение теплового режима почвы и способы его регулирования. Тепловой режим почвы находится в тесной взаимосвязи с водным и воздушным режимами и оказывает большое влияние на питательный режим. Промораживание и оттаивание, увлажнение и высушивание почвы влияют на ее микро- и макроструктурный состав. Тепловой режим почвы зависит от географического положения, рельефа, величины солнечной радиации, тепловых свойств почвы (теплоемкости, теплопроводности, температуропроводности), соотношения в ней воды и воздуха, расхода тепла на испарение воды.

**Регулированию теплового режима почвы и температуры приземного слоя атмосферы способствуют многие мероприятия.** Среди них наибольшее значение имеют следующие: устранение временного избыточного увлажнения, внесение органических удобрений, содержание почвы под растительным покровом (живым и мертвым), ее рациональная обработка для придания благоприятного строения (оптимальной плотности), снегозадержание, создание полезащитных лесных полос, мульчирование, гребневые и грядковые посева, дымовые завесы (от сжигания мусора или специальных дымовых шашек) и т. д.

**Вода и питательные вещества** представляют почвенные факторы жизни растений, поэтому их называют элементами плодородия почвы. Общая продуктивность растения, накопление им сухой массы теснейшим образом зависят от обеспечения его углеродом, водородом и кислородом.

**Азот, углерод, кислород и водород** образуют группу органоенов - примерно 5 % сухого вещества растений обнаруживается при сжигании в виде золы, что дало основание назвать их зольными элементами. Это P, K, Ca, Mg, S, Fe. Содержание их колеблется от сотых долей % до нескольких %, поэтому их называют макроэлементами.

Содержание же Mn, Mo, B, Cu, Co, Zn, I, F и др. составляет в растении тысячные-стотысячные доли %. Их называют микроэлементами. Взаимодействие факторов жизни растений в процессе их роста и развития, необычайно сложное и многообразное; Изучение этого взаимодействия позволило сформулировать законы земледелия.

## **Основные законы земледелия и их использование в производстве**

Действие и взаимодействие факторов жизни растений в процессе их роста и развития сложны и многообразны. В течение длительного времени это является предметом изучения биологических и агрономических наук. Результаты опытов, их обработка и тщательный логический анализ позволили сформулировать ряд законов. В агрономической науке они известны как законы земледелия. Эти законы являются теоретической и практической основой растениеводства.

### *Закон равнозначности и незаменимости факторов жизни растений*

Согласно этому закону для роста и развития растений должен быть обеспечен приток всех факторов жизни растений - космических и земных. Растение может нуждаться как в больших, так и в ничтожно малых количествах факторов, однако отсутствие любого из них ведет к резкому снижению урожая и даже гибели растений. В этом проявляется абсолютный характер закона. Ни один фактор нельзя заменить другим. Например, недостаток фосфора нельзя заменить избытком азота, а ограниченное поступление света восполнить лучшим обеспечением растений водой и т.д. На практике получить максимально высокий урожай можно только при бесперебойном снабжении растений всеми факторами в оптимальном количестве. Однако в конкретных условиях производства закон равнозначности и незаменимости факторов жизни растений приобретает относительное значение вследствие неодинаковых затрат на обеспечение растений разными факторами. Это связано как с абсолютной потребностью растений в факторе, так и с его наличием в данной почве, в данном регионе, с материально-техническими возможностями производства и т.д. Закон равнозначности и незаменимости факторов жизни растений подчеркивает материальность земледельческого производства, не позволяет надеяться на «чудодейственные» рецепты получения урожая без материальных затрат или затрат в «гомеопатических дозах».

### *Закон минимума*

Данный закон утверждает, что величина урожая определяется фактором, находящимся в минимуме. Впервые этот закон сформулировал Ю. Либих. Он считал, что рост урожая прямо пропорционален увеличению количества фактора, находящегося в минимуме, то есть для наглядной демонстрации закона минимума использовали так называемую «бочку Добенека», клетки которой условно обозначают отдельные факторы жизни растений. Они неодинаковы по высоте, каждая соответствует наличию определенного фактора. Пунктиром показан максимально возможный урожай растений при оптимальном наличии всех факторов (бочка заполнена доверху). Однако фактический урожай определяется высотой самой низкой клепки, т.е. количеством фактора, находящегося в минимуме. Если заменить данную клепку, то уровень воды в бочке (урожай растений) будет определять другая клепка, которая при изменившихся условиях окажется минимальной по высоте. Кажущаяся простота и очевидность действия закона минимума, однако, требуют уточнения. Некоторые исследователи выявили относительный характер этого закона. А. Майер показал, что закон минимума необходимо принимать с учетом действия не только питательных веществ растений, но и всей совокупности факторов жизни. Э. Вольни распространил закон минимума и на качество урожая, установив зависимость действия отдельного фактора от всей совокупности других факторов. Ю. Либих был вынужден признать понижающийся эффект каждого увеличения отдельно взятого фактора.

### *Закон минимума, оптимума, максимума*

Для демонстрации закона используют данные опыта, проведенного Гельригелем и неоднократно подтвержденного другими исследователями. В этом опыте растения ячменя выращивали в стеклянных сосудах, заполненных одной и той же плодородной почвой. Все условия выращивания растений, кроме влажности почвы в сосудах, были одинаковыми. Влажность почвы определяли по полной влагоемкости, которая соответствовала уровню влажности 100 %. В каждом из 8 сосудов влажность была различной и составляла 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80 и 100 %. После окончания опыта урожайность в зависимости от влажности возрастает или уменьшается. Как следует из данных, полученных в опыте Гельригеля, максимальный урожай ячменя соответствует оптимальной влажности почвы в сосуде (60 % ПВ). Минимум и максимум фактора (количества влаги) не обеспечили получение урожая.

### *Закон действия факторов жизни растений*

Этот закон по Э. Митчерлиху, гласит, что прибавка урожая зависит от каждого фактора роста и его интенсивности, она пропорциональна разнице между возможным максимальным и действительно полученным урожаем. Он попытался математически выразить зависимость прибавки урожая от удобрения почвы. Э. Митчерлих экспериментально вывел следующие коэффициенты использования отдельных факторов жизни: N - 0,2, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 0,6, K<sub>2</sub>O - 0,4, Mg - 2,0 на 1 мм осадков. Последующими исследованиями было установлено, что формула Э. Митчерлиха не универсальна, так как сложные биологические процессы создания урожая не описываются математическими формулами. Тренель вскоре показал, что она, кроме того, неверна и математически. Несмотря на трудности математического выражения закона совокупного действия факторов, закон этот имеет огромное значение для практики

земледелия. В этой связи В. Р. Вильямс указывал, что прогресс возможен лишь, когда наше воздействие на условия, в которых протекает это сложное производство, направлено одновременно на весь их комплекс. Этот комплекс условий представляет одно органическое целое, все элементы которого неразрывно связаны.

#### *Закон возврата*

Вещество и энергия, отчужденные из почвы с урожаем, должны быть компенсированы (возвращены в почву) с определенной степенью превышения. Этот закон был открыт Ю.Либихом. К. А. Тимирязев и Д. Н. Прянишников считали этот закон одним из величайших приобретений науки. Земледелие как отрасль производства материально по своей природе. Урожай как материальная субстанция создается из материальных составных частей, определенная часть его - за счет веществ и энергии, получаемых растениями из почвы. Кроме того, почва - посредник растений в обеспечении их факторами жизни, среда их произрастания. При систематическом отчуждении урожая с полей без компенсации использованных им составных частей почвы и энергии почва разрушается, теряет плодородие. При компенсации выноса веществ и энергии из почвы последняя сохраняет свое плодородие; при компенсации веществ и энергии с определенной степенью превышения происходит улучшение почвы, расширенное воспроизводство ее плодородия. Закон возврата - научная основа воспроизводства почвенного плодородия, частный случай проявления всеобщего закона сохранения веществ и энергии.

Действие законов проявляется и учитывается в научно-обоснованных **системах земледелия**. В настоящее время разрабатывают и осваивают адаптивно-ландшафтные системы земледелия. **Адаптивно-ландшафтной системой земледелия** считается система использования земли определенной агроэкологической группы, ориентированная на производство продукции экономически и экологически обусловленных количества и качества в соответствии с общественными (рыночными) потребностями, природными и производственными ресурсами, обеспечивающая устойчивость агроландшафта и **воспроизводство почвенного плодородия**. Соблюдение и выполнение законов земледелия. Действие законов основано на методологии использования системного метода. Ценность системного метода заключается в том, что он позволяет направленно влиять на процессы формирования урожая и плодородия почвы. При этом создается возможность быстро находить технологические решения, исключая одностороннее необоснованное увлечение какими-либо отдельными приемами. Еще К. А. Тимирязев отмечал, что одностороннее увлечение какой-либо идеей, точкой зрения нигде не может принести большего вреда, чем в земледелии. Для того чтобы принимаемые решения были близки к оптимальным, необходимо иметь достаточно достоверные представления о всех возможных прямых и косвенных, близких и отдаленных факторах, связанных с урожайностью культур и качеством продукции, плодородием почвы, экологическими последствиями и охраной окружающей среды.

В практике сельскохозяйственного производства достаточно примеров в области земледелия, когда при несоблюдении и нарушении законов земледелия не получали положительных результатов. К ним следует отнести необоснованную мелиорацию, химизацию, интенсивные технологии, реформирование АПК. Взятые без учета взаимных, системных связей факторы и приемы казались вполне обоснованными, крайне необходимыми, экологически оправданными, а в итоге часто приводили к отрицательным результатам функционирования сельскохозяйственного производства. Кроме того, необходимо учитывать, что состояние сельского хозяйства оказывает огромное влияние на все стороны жизни общества и страны в целом. Следует напомнить о продовольственной независимости и о самообеспечении продуктами питания. Законы земледелия проявляются в условиях производства во всеобщем законе сохранения вещества и энергии, в системе человек - природа. Попытки решить вопросы без научного обоснования, обойти или игнорировать объективные экономические и природные законы всегда заканчивались неудачно.

#### **Понятие о сорных растениях**

**Сорными** называются растения, засоряющие сельскохозяйственные угодья и наносящие вред культурным растениям. Растения, относящиеся к культурным видам, но не возделываемые на данном поле, относятся к засорителям.

Сорняки, засоряющие отдельные с/х угодья называются спутниками, а при засорении отдельных видов культур – специализированными спутниками. Приспосабливаясь к жизни культурных растений, сорняки приобрели многие признаки и свойства, присущие культурным растениям: озимость, яровость, высоту стебля, размеры и форму семян, осыпаемость семян и т.д.

На территории нашей страны насчитывается около 1400 видов сорняков, в Предуралье более 120 видов. Наиболее злостные: хвощ полевой, бодяк полевой, осот полевой, горец вьюнковый, василек синий, овсюг обыкновенный, пырей ползучий, марь белая, звездчатка средняя, пикульник зябра, вьюнок полевой и другие.

Сорняки в борьбе за условия существования наносят большой ущерб сельскому хозяйству:

**1. Снижается урожай сельскохозяйственных культур.** Потери урожая с/х культур в мире от сорняков и других вредных организмов составляют у зерновых – 500-510 млн.т.; картофеля – 125-135 млн.т.; овощей – 78-79 млн.т. или 30 – 40% от общего сбора урожая и оценивается в 75 млрд.долларов.

Снижение урожайности с/х культур происходит благодаря быстрому росту и развитию сорняков. Они потребляют большое количество питательных веществ и влаги. При наличии на 1 кв.м. 14 стеблей осота полевого в пахотном слое 0-20 см может находиться до 104 его корнеотпрысков, которые поглощают с гектара пашни почти 238 кг азота, 35 кг фосфора и более 160 кг калия (О.Н. Мирскова). А озимая рожь для создания 10 ц зерна потребляет всего 31 кг азота, 14 кг фосфора и 26 кг калия. В связи с этим эффективность удобрений резко снижается, так как на засоренных полях большая часть элементов питания усваивается сорняками.

**2. Многие сорняки сильно затеняют культурные растения.** Ослабляют фотосинтез. Температура почвы снижается на 2 – 4°С, что затрудняет микробиологическую деятельность и процессы разложения органического вещества. Все это ведет к снижению урожая и его качества. При этом культурные растения имеют тонкий стебель, легко полегают, что затрудняет уборку и увеличивает потери урожая. Опасность полегания увеличивается при засорении посевов сорняками, которые обвивают стебли культурных растений (вьюнок полевой, горец вьюнковый). При сильном засорении посевов уменьшается количество белка в зерне, крахмала в клубнях картофеля, выход волокна у льна и т.д. Кроме того, паразитные и полупаразитные сорняки непосредственно истощают культурные растения, питаясь за их счет.

**3. Сорняки способствуют развитию вредителей и болезней с/х растений.** Например, на листьях вьюнка полевого, мари белой, осотов откладывает яички озимая совка, гусеницы которой сильно повреждают посевы. Редька дикая, сурепица, пастушья сумка и некоторые сорняки из семейства капустных способствуют размножению земляной блохи и капустной тли, наносящих большой вред капусте, брюкве и другим культурам. Пырей ползучий способствует распространению проволочника, ржавчины зерновых культур. Сорняки из семейства капустных являются распространителями капустной килы, ложной мучнистой росы и т.д.

**4. Многие сорняки снижают качество урожая и с/х продукции.** Семена сорняков при сильном засорении посевов увеличивают влажность зерна, что приводит к самосогреванию и порче. Наличие в муке даже незначительного количества размолотых семян куколя обыкновенного, плевела опьяняющего, белены черной делает ее непригодной для человека и животных. Мука, полученная из заовсюженного овса, обладает терпким вкусом, имеет темный цвет. Примесь в сене лютика едкого, хвоща полевого и некоторых других сорняков может вызвать отравление животных, а наличие донника лекарственного, чеснока, полыни горькой придает молоку горький вкус. Зерна овсюга в не размолотом виде могут вызывать заболевание животных, и даже смерть. Жесткие ости, попадая во влажную среду, начинают раскручиваться и ввинчиваться в слизистую оболочку, вызывая у животных воспаление и повреждение слизистых оболочек органов пищеварения.

**5. Сорняки снижают производительность с/х машин, затрудняют проведение ряда с/х работ.** На полях засоренных вьюнком полевым, пыреем ползучим, осотами приходится проводить дополнительные обработки почвы, при этом тяговое сопротивление почвообрабатывающих орудий повышается до 30%. На сильно засоренных полях возникает необходимость увеличивать число обработок, а многократные обработки приводят к иссушению, разрушению структуры почвы. Зеленые сочные сорняки забивают шнеки и элеваторы комбайнов, наматываются на звездочки, вызывают протстои, поломки машин, затягивают уборку, увеличивают потери урожая.

### ***Биологические особенности сорняков, их классификация***

Паразитные сорные растения: полупаразиты; явные паразиты и их представители. Все сорные растения делятся на две биологические группы: а) паразиты и полупаразиты; б) не паразиты.

К первой группе относятся три подгруппы (корневые, стеблевые паразиты и растения полупаразиты), а ко второй – две (малолетники и многолетники). Подгруппа малолетников подразделяется на эфемеры, яровые ранние и поздние, зимующие, озимые и двулетние растения.

Многолетники делятся на корнеотпрысковые, корневищные, ползучие, луковичные, стержнекорневые и растения с мочковатой корневой системой.

Растения – паразиты. Наземные органы растений – паразитов не имеют хлорофилла, поэтому они не способны самостоятельно ассимилировать углекислый газ из воздуха и создавать органические вещества. Они питаются готовыми органическими соединениями, вырабатываемыми зелеными растениями.

При помощи корней и присосков растения – паразиты прикрепляются к зеленым растениям. Паразиты делятся на корневые и стеблевые. К *корневым* относятся несколько видов *заразих* из семейства заразиховых. На корнях подсолнечника и некоторых дикорастущих растений паразитирует

заразиха подсолнечная. Стебель её не имеет листьев. Высота достигает 25 см. На нижней части стебля (вместо корней) имеются присоски – отростки, которыми заразиха внедряется в корни подсолнечника и извлекает для себя органические вещества и воду. Разрастается она целыми скоплениями в виде пучка. Пораженные растения подсолнечника слабо развиваются и дают низкий урожай семян с пониженным процентом жира.

Заразиха подсолнечная имеет обоеполые цветы и образует большое количество семян длиной 0,3 – 0,5 мм. При прорастании семян выпускает маленький нитевидный проросточек, который внедряется в корешок другого растения и извлекает из него пищу. В дальнейшем проросточек утолщается и разрастается в целое растение. Заразиха размножается семенами. Плодоносит она в середине июля. Одно растение дает 70 – 80 тысяч семян.

Кроме подсолнечной заразихи. Встречается конопляная заразиха. Она паразитирует на корнях конопли, табака, картофеля, капусты и других растений.

Меры борьбы: введение в посевы сортов, устойчивых против заразихи; возделывание культур в многопольных севооборотах; тщательная прополка зараженных мест и сжигание стеблей после уборки урожая; глубокая зяблевая вспашка.

К *стеблевым паразитам* относятся повилики из семейства вьюнковых. Существуют различные виды повилики. На Среднем Урале встречается повилика клеверная. Это растение с тонким стеблем, красного цвета, без листьев и корней. На стебле небольшими кучками сидят цветы. После опыления они дают плодики – коробочки, наполненные мелкими, округлыми семенами. Семена, попав в благоприятные условия, быстро прорастают. При этом появляется кончик нитевидного зародыша. Который углубляется в почву и впитывает в себя влагу. В это время остальная часть зародыша остается в оболочке семени. Затем зародыш разрастается, освобождается от оболочки и приобретает вид тонкой изогнутой ниточки. Верхняя часть этого проростка присосками внедряется в ткани стебля растения и извлекает из него органические вещества. С этого момента нитевидные стебли повилики быстро разрастаются, ветвятся.

Клеверная повилика цветет и плодоносит с середины июня до середины августа. Размножается она семенами. Одно растение может давать более двух тысяч мелких семян. Не проросшие семена могут сохранять всхожесть до пятнадцати лет.

Меры борьбы: тщательная очистка семян клевера на специальных электромагнитных сеяно-очистительных машинах; выжигание и перепахивание пораженных участков в раннюю стадию развития повилики; применение гербицидов сплошного действия в очагах развития повилики. Из химических препаратов применяют ДНОК (15 кг/га), ДНФ (20 кг/га), нитрафен (4 % - ный раствор). Растения – полупаразиты. В отличие от паразитных растений (заразихи и повилики) полупаразиты имеют корни, стебли, листья, и цветы. Они могут самостоятельно извлекать из почвы минеральные соли, углекислый газ из воздуха и строить органические вещества своего тела. Но если с их корнями встретятся корни других высших растений, то они не прочь «полакомится» соками этого растения.

К полупаразитам относятся: очанка, зубчатка, погребок большой, марьянник и другие растения.

Погребок большой широко распространен в нечерноземной зоне в пониженных местах лугов, пастбищ и полей. Он может паразитировать и на корнях озимой ржи. Это однолетнее зимующее растение со слаборазвитым стеблем высотой 25 – 35 см. Листья супротивные, нижние – продолговато – яйцевидные, верхние – более узкие, зубчатые по краям. Цветки собраны в кисти светло – желтоватого цвета. Венчик цветка двугубый с изогнутой трубкой. Верхняя губа шлемовидная, а нижняя плоская. Плодик у погребка большого – коробочка, сжатая с боков, овально – округлой формы. При созревании она приобретает пепельно-серый цвет. От примеси погребка качество сена снижается, так как при высушивании листья сорняка осыпаются и в сене остаются голые, жесткие, малосъедобные стебли.

Зубчатка поздняя – однолетнее полупаразитное растение с прямым ветвистым от основания стеблем. Листья супротивные, сидячие, ланцетные, на верхушке островатые; соцветие – многоцветковое, однобокое. Венчик цветка красноватый или розовый. Зубчатка развивается во второй половине лета. Она паразитирует на корнях озимой ржи. Распространена зубчатка повсеместно.

Меры борьбы с растениями – полупаразитами заключается, главным образом, в очистке посевного материала озимой ржи от семян погребка и зубчатки. На лугах и пастбищах необходимо проводить коренное улучшение с внесением извести (1,5 – 2 т на гектар) и высевать смеси злаково-бобовых трав.

Биологические особенности:

1. Распространению сорняков способствует их плодовитость. Одно сорное растение при благоприятных условиях способно давать от нескольких сотен до десятков миллионов семян, тогда как растение зерновых злаков дает в среднем несколько десятков семян. По данным профессора А.А. Хребтова, наиболее распространенные сорняки Предуралья имеют такую плодовитость: звездчатка

средняя (мокрица) – 25 тыс., осот – 20 тыс., бодяк – 35 тыс., ромашка непахучая – 500 тыс., марь белая – 100 тыс., щирица – 500 тыс., полынь горькая – до 1 млн. семян. Такая высокая семенная плодovitость сорняков ведет к сильному засорению урожая и почвы, позволяет сорнякам сохранить вид даже при активной борьбе с ними.

2. Семена многих сорняков могут долгие годы сохранять в почве жизнеспособность и всхожесть. Долговечность и недружность прорастания семян является важным биологическим свойством вида и зависит от физиологического состояния семени и строения оболочки. Плотная оболочка семян многих сорняков препятствует проникновению в них воздуха, воды, вследствие чего запасные питательные вещества семени находятся в нерастворимой форме и не могут потребляться зародышем. Из состояния покоя могут вывести внешние условия: периодическая смена влажности и температуры, мороз. При этом оболочки семян становятся проницаемыми для воды и воздуха и начинают прорастать. Опыты показали, что семена овсюга, промерзшие во влажном состоянии, весной прорастают лучше, чем промерзшие сухими.

Период покоя у разных видов сорняков неодинаковый, так овсюг сохраняет всхожесть до 8 лет, марь белая, щирица, пастушья сумка – до 5-6 лет и более, а семена донника сохраняли всхожесть 77 лет.

Пахотный слой содержит огромные запасы сорняков. В опытах кафедры земледелия Пермской ГСХА в учхозе «Липовая гора» на слабозасоренных полях в почве насчитывалось от 45 до 65 млн. семян на 1 га пахотного слоя, а на засоренных полях Очерского района Пермской области – до 1,5 – 3,0 млрд.

3. Сорные растения способны размножаться не только семенами, но и вегетативными органами – корневищами, корнеотпрысковыми, луковичами, обломками стеблей, листьями. У некоторых, наиболее злостных сорняков – осота полевого, вьюнка полевого, пырея ползучего, бодяка полевого вегетативный способ размножения является преобладающим (А.И. Мальцев). При благоприятном развитии пырея длина корневищ на 1 кв.м. пахотного слоя достигает 495 м, масса – 2890 г, а число вегетативных почек – 26000. У осота желтого длина корней на 1 кв.м. достигает 76 м, масса – 1000 г, а число почек – 1600. Каждая почка при благоприятных условиях может прорасти и дать новые надземные побеги.

4. Сорняки имеют различные приспособления для распространения семян и плодов. Так, семена осота полевого, бодяка, одуванчика и других снабжены летучками, при помощи которых они переносятся ветром с одних полей на другие. У ряда сорняков – подмаренника цепкого, липучки, лопуха, дурнушника семена снабжены колючками, при помощи которых они цепляются к одежде человека, шерсти животных и переносятся на большие расстояния.

Семена сорняков распространяются также водой при орошении и при разливе рек. Источником засорения полей является также свежий, неправильно приготовленный навоз. В навоз семена попадают с подстилкой и кормами. Семена многих сорняков при поедании животными проходят через пищеварительные органы и не теряют всхожести.

5. Важной биологической особенностью сорняков является неприхотливость, приспособленность к условиям произрастания. Культурные растения проявляют повышенные требования к температуре, влажности, обработке почвы, глубине заделки семян, а сорняки прорастают при более глубокой заделке, меньшей влажности, более низкой температуре почвы.

Семена сорняков прорастают с различной глубины, но наибольшее количество – с глубины 0-5 см. Чем крупнее семена и плоды, тем с большей глубины они прорастают и наоборот, чем мельче семена, тем с меньшей глубины они могут прорасти. Семена овсюга могут прорасти с глубины 15 – 20 см, а семена мокрицы – с глубины 0,5 – 2,0 см.

Семена большинства сорняков созревают раньше, чем семена культурных растений и, осыпаясь до уборки, попадают в почву. Много семян осыпается во время уборки.

В результате длительной эволюции семена и плоды сорняков приобрели размеры, форму, внешний вид, сроки созревания близкие к семенам культурных растений. Очень схожи семена сурепки и дикой редьки с семенами капусты, гречихи татарской – с культурной гречихой, овса с овсюгом, куриного проса с культурным просом и т.д. Это значительно затрудняет очистку и подработку посевного материала и служит источником вторичного засорения.

#### ***Цели и задачи обработки почвы при различных уровнях интенсификации земледелия***

Повышение эффективного плодородия почвы и создание благоприятных условий для роста растений неразрывно связаны с обработкой почвы (Пупонин А.И., 1984). Под *обработкой* понимают механическое воздействие на почву рабочими органами почвообрабатывающих машин и орудий в целях создания оптимальных почвенных условий жизни для выращиваемых растений, уничтожения сорняков, защиты почвы от эрозии. Обработка почвы – основное агротехническое средство регулирования почвенных режимов, интенсивности биологических процессов и главное – поддержание хорошего фитосанитарного состояния почвы и посевов. Качественно обрабатывая почву, мы повышаем



эффективное плодородие и урожайность культур. С помощью механической обработки почвы достигаются следующих целей:

1) придание почвы мелкокомковатого структурного состояния и оптимального для растений сложения почвы (плотности, пористости и др.), при которых создавались бы благоприятные для роста растений и микрофлоры условия водного, воздушного, питательного и теплового режимов;

2) поддержание хорошего фитосанитарного состояния почвы и посевов: заделка семян, подрезание сорняков, уничтожение зачатков болезней и вредителей сельскохозяйственных культур;

3) предотвращение эрозионных процессов, чрезмерного переуплотнения почвы, уменьшение ее смыва, снижение непроизводительных потерь из почвы воды, гумуса, питательных веществ в целях сохранения потенциального плодородия и защиты почвы от эрозии.

4) Обработка почвы необходима для углубления и увеличения мощности пахотного слоя, разрыхления плужной подошвы подпахотного слоя, а также для заделки органических и минеральных удобрений, извести и других мелиорантов в целях воспроизводства и окультуривания почвы.

С помощью обработки улучшается аэрация почвы, влагообеспеченность растений, активизируется жизнедеятельность целлюлозоразлагающих, азотфиксирующих и других почвенных организмов, повышается доступность растениям влаги, питательных веществ. При разрыхлении и выравнивании поверхности почвы, например, в посеве предпосевной обработки создаются не только хорошее ложе для семян, но и оптимальные условия для роста культур, качественного выполнения полевых работ: посев, уход за растениями, уборка урожая.

В степных засушливых условиях, на склоновых землях глубокое рыхление почвы способствует накоплению влаги атмосферных осадков в корнеобитаемом слое. И, наоборот, в районах избыточного переувлажнения с помощью обработки почвы можно отводить избыточную воду с поля, в результате чего улучшается воздушный режим почвы.

Однако обработка почвы иногда имеет и негативные последствия (Заславский М.Н., 1983). При механической обработке может нарушаться динамическое равновесие в экологической системе почва – растение – окружающая среда. Например, интенсивная обработка активизирует деятельность почвенной микрофлоры и ускоряет разложение гумуса, увеличивая непроизводительные его потери, а также потери питательных веществ и энергии, необходимых для формирования урожая. Разложение дернины и распыление верхнего слоя почвы в районах ветровой эрозии, на склоновых землях создают предпосылки для разрушения почвы и возникновения эрозии.

При многократном движении по полю тяжелых почвообрабатывающих машин и орудий происходит чрезмерное переуплотнение почвы пахотного слоя, что приводит к ухудшению ее свойств, интенсивному стоку воды, сносу почвы, особенно на склонах, и снижению ее плодородия. На ряду с этим обработка почвы требует больших энергетических затрат (до 10-15 тыс. МДж на 1 га), которые не всегда компенсируются содержанием энергии в полученном урожае.

Результаты длительных исследований, выполненных в нашей стране и за рубежом, свидетельствуют, что при высоком уровне интенсификации земледелия (внесение удобрений, гербицидов, мелиорантов, орошение и др.) изменяются функции обработки и доля ее в варьировании урожайности не превышает 8-12%. Это характерно для почв с высоким потенциальным уровнем плодородия и благоприятными для растений агрофизическими свойствами. Следовательно, в этих условиях воздействие на почву можно минимализировать и роль обработки свести к технологическим функциям: заделка удобрений, мелиорантов, гербицидов, семян и т.д. Главная задача заключается в поддержании воспроизводства плодородия, регулировании водного режима и защите почвы от эрозии.

#### ***Технологические операции при обработке почвы***

Под воздействием орудий происходит изменение физического состояния почвы и ее свойств, которое характеризуется рядом технологических операций. Основными из них являются: оборачивание, рыхление, крошение, перемешивание, уплотнение, выравнивание поверхности почвы, подрезание сорняков и создание на поверхности почвы микрорельефа (гребней, лунок, борозд, щелей и т.д.) и сохранение стерни.

Оборачивание – взаимное перемещение в вертикальном направлении слоев или горизонтов почвы, различающихся по содержанию влаги, гумуса, питательных веществ и другим агрономическим свойствам. При оборачивании происходит заделка дернины, растительных остатков, удобрений, осыпавшихся семян и вегетативных органов размножения сорняков, возбудителей болезней и вредителей культур. Причиной оборачивания является дифференциация почвы пахотного слоя по плодородию, которая сильно выражена в увлажненных районах при низкой культуре земледелия.

Рыхление почвы – это изменение взаимного расположения почвенных отдельностей (комков, агрегатов) с образованием более крупных пор. Оно увеличивает некапиллярную пористость и аэрацию почвы. При рыхлении улучшаются водо- и воздухопроницаемость, изменяется тепловой режим,

что активизирует деятельность почвенных микроорганизмов. В этих условиях повышается доступность растениям влаги, питательных веществ, облегчается проникновение корней растений в глубокие слои почвы и перенесение засухи. Более рыхлое состояние почвы необходимо для пропашных культур и в меньшей степени – для культур сплошного посева.

Поверхностным рыхлением уничтожают почвенную корку, создают мульчирующий слой. Рыхление выполняют орудиями с пассивными и активными рабочими органами: плугами, культиваторами, лущильниками, боронами, фрезами и др.

Крошение – дробление крупных комков и глыб с уменьшением их размеров. Его осуществляют чаще всего с другими технологическими операциями. При крошении уменьшается испарение влаги, ускоряются появление всходов и рост растений, обеспечивается равномерная заделка семян. Для крошения глыб используют дисковые бороны, катки и др.

Перемешивание почвы создает однородный обрабатываемый слой почвы, в котором равномерно распределены продукты разложения органических веществ, органические и минеральные удобрения. Перемешивание почвы с известью или гипсом устраняет повышенную кислотность, а на солонцах – чрезмерную засоленность, улучшает доступность растениям питательных веществ. Эту технологическую операцию осуществляют плугами без предплужников, отвальными и дисковыми лущильниками и почвенными фрезами.

Уплотнением почвы изменяют взаимное расположение почвенных отдельностей с образованием более мелких пор. При уплотнении уменьшается некапиллярная порозность, увеличивается объем более мелких капиллярных пор, происходит более плотное соприкосновение семян с почвой. В засушливых условиях уплотнение уменьшает проветривание почвы, испарение влаги и обеспечивает лучшее снабжение прорастающих семян водой и дружное появление всходов. В районах с недостатком тепла уплотненная почва весной лучше прогревается. Уплотнение почвы проводят катками с различной рабочей поверхностью и другими орудиями.

Выравнивание поверхности почвы – устранение неровностей поверхности почвы. Оно необходимо для уменьшения испарения влаги из почвы, подготовки участка к орошению, равномерной заделки семян, качественной работы посевных и уборочных машин и по уходу за растениями. Выравнивание осуществляют шлейфами, волокушами, боронами, катками. В условиях орошаемого земледелия используют грейдеры, бульдозеры и планировщики (П-4, П-3, П-2,8)

Подрезание сорняков осуществляют одновременно с рыхлением, оборачиванием и перемешиванием почвы при вспашке, лущении, культивации или для этого используют специальные ножевые, штанговые и другие культиваторы.

Создание микрорельефа (борозд, гряд, гребней, щелей, лунок, микролиманов) на поверхности почвы необходимо для регулирования водного, воздушного, питательного режимов на склоновых землях, подверженных водной эрозии. Оно предотвращает сток воды, а с ней питательных веществ, смыв воды. С помощью борозд отводят избыточную воду на переувлажненных, осушенных землях, проводят орошение. Эти работы выполняют с помощью бороздоделателей, окучников, грядоделателей, приспособлений к плугам.

#### ***Адаптивно-ландшафтный характер земледелия***

Адаптивно-ландшафтная система земледелия — система использования земли, направленная на производство продукции с учетом экономических и материальных ресурсов и обеспечивающая устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия. Сущность системы земледелия результата сложного взаимодействия почвы (плодородия), растений, климата, агропроизводственной деятельности человека на определенной территории и во времени. Поэтому главная цель системы земледелия — получение максимальных, стабильных урожаев с высоким качеством продукции.

*Адаптивно-ландшафтная система земледелия (АЛСЗ)* — это система использования земли определенной агроэкологической группы, ориентированная на производство продукции экономически и экологически обусловленного количества и качества в соответствии с общественными (рыночными) потребностями, природными и производственными ресурсами, обеспечивающая устойчивость агроландшафта и воспроизводство почвенного плодородия.

Термин «ландшафтная» означает, что она разрабатывается применительно к конкретной категории агроландшафта, или, другими словами, к агроэкологической группе земель (плакорных, солонцовых, засоленных и т.д.). При этом звенья систем земледелия формируются в пределах агроэкологических типов земель (т.е. участков, однородных по условиям возделывания культуры или группы культур с близкими агроэкологическими требованиями); элементы (приемы обработки, посева и т.п.) дифференцированы в соответствии с элементарными ареалами агроландшафта (т.е. элементами мезорельефа, ограниченными элементарными почвенными структурами), а организация территории осуществляется с учетом структуры ландшафта и условий его функционирования.



АЛСЗ имеет конкретный агроэкологический адрес (группа земель в пределах агроэкологической провинции) она адаптирована к определенным социально-экономическим условиям и определяется шестью группами факторов:

1. общественные (рыночные) потребности (рынок продуктов, потребности животноводства, требования переработки продукции);

2. агроэкологические требования культур и их средообразующее влияние;

3. агроэкологические параметры земель (природно-ресурсный потенциал);

4. производственно-ресурсный потенциал, уровни интенсификации;

5. хозяйственные уклады, социальная инфраструктура;

6. качество продукции и среды обитания, экологические ограничения.

Термин «адаптивная» означает адаптированность системы земледелия ко всему комплексу обозначенных условий.

АЛСЗ представляет собой развитие ранее сложившихся представлений и вбирает в себя прежние и новые понятия. Это определяется классификацией АЛСЗ, в которой они разделяются по агроэкологической принадлежности (зона, подзона, провинция, группа земель), по направлению растениеводства, уровню интенсификации, форме использования земли, ограничениям химизации.

Обязательным условием проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия является формирование геоинформационных систем (ГИС) агроэкологической оценки земель по перечисленным параметрам. Из множества природных факторов при проектировании АЛСЗ учитываются те, которые связаны с биологическими требованиями растений, а также те, которые определяют ландшафтные связи и соответственно устойчивость агроландшафтов. Чем выше уровень интенсификации земледелия тем большее количество агроэкологических факторов учитывается. Проектирование АЛСЗ основывается на системе агроэкологической оценки земель, которая включает следующие позиции: ландшафтно-экологический анализ территории, агроэкологическую оценку почв, агроэкологическую типизацию и классификацию земель, агро-геоинформационные системы по агроэкологической оценке земель.

Адаптивно-ландшафтные системы земледелия реализуются пакетами агротехнологий для различных агроэкологических типов земель при разных уровнях производственно-ресурсного потенциала (экстенсивные, нормальные, интенсивные, высокие).

Чтобы спроектировать АЛСЗ, необходимо посредством почвенно-ландшафтного картографирования идентифицировать агроэкологическую группу и виды земель, т.е. ЭАА, и сформировать их типы. Последняя процедура выполняется путем сопоставления агроэкологических параметров культур с такими же параметрами земель.

#### ***Системы земледелия, их составные части***

**Система земледелия — важнейшая составная часть системы ведения хозяйства** — представляет собой комплекс взаимосвязанных агротехнических, мелиоративных, организационно-хозяйственных и планово-экономических мероприятий.

Она характеризуется интенсивностью использования земли и способами расширенного воспроизводства плодородия почвы.

**Составные части системы земледелия следующие:**

1) рациональная агрономическая организация землепользования хозяйства, что предусматривает полное землеустройство с введенными и освоенными севооборотами;

2) научно обоснованное сочетание приемов основной и поверхностной обработки почвы, способов отвальной и безотвальной механической обработки почвы в севооборотах при возделывании сельскохозяйственных культур;

3) накопление, хранение и рациональное использование удобрений и других средств химизации земледелия;

4) мероприятия по семеноводству;

5) мероприятия по защите растений от вредителей, болезней и сорных растений;

6) мероприятия по защите почвы от эрозии и ликвидации ее последствий с использованием мелиоративных и других средств.

Перечисленные элементы системы земледелия присущи всем почвенно-климатическим зонам. Однако, кроме них, огромное значение имеют и другие элементы, которые в определенных природных условиях играют решающую роль. Это — осушение, орошение, культуртехнические работы, гипсование, известкование, разведение лесов агрономического значения (полезащитные, почвозащитные).

Например, известкование следует применять на кислых дерново-подзолистых почвах, а гипсование — на солонцевых и солонцах; осушение — в зоне избыточного увлажнения, а орошение — в зоне недостаточного увлажнения; полезащитное лесоразведение — в степных условиях, а не в лесолуговой зоне. Поэтому конкретная система земледелия применительно к отдельно взятому хозяй-

ству включает различные элементы, но с обязательным осуществлением постоянных составных частей.

Положив в основу понятие, данное А. В. Советовым, систему земледелия можно рассматривать как форму использования земли под сельскохозяйственные культуры и определенный способ восстановления и повышения плодородия почвы.

Форма использования земли в различных системах земледелия выражается в соотношении земельных угодий и структуры посевных площадей, а способ повышения эффективного плодородия почвы — в комплексе агротехнических и мелиоративных мероприятий согласно особенностям возделываемых культур.

**Основными признаками всех систем земледелия являются:** а) соотношение земельных угодий, структура посевных площадей; б) способ поддержания и повышения эффективного плодородия почвы. Эти признаки определяют интенсивность и рациональность системы. Они тесно связаны между собой: значительное изменение соотношений площадей под культурами вызывает изменение и основных способов повышения плодородия почвы.

Современные системы земледелия в нашей стране представляют собой формы наиболее производительного (т. е. интенсивного) использования земли и прогрессивные способы повышения эффективного плодородия почвы. Они обеспечивают достижение в конкретных природных и экономических условиях высоких урожаев сельскохозяйственных культур, получение наибольшего количества сельскохозяйственной продукции с каждого гектара при наименьших затратах труда и средств на единицу продукции.

С агротехнической точки зрения каждой системе земледелия присущ тот или иной способ восстановления и дальнейшего повышения плодородия почвы, другими словами, в основе системы земледелия лежит способ восстановления плодородия почвы. Однако систему земледелия не следует рассматривать как категорию чисто агротехническую, ибо она является и экономической категорией.

**Вопрос о системах земледелия — составная часть более общего вопроса о системах ведения хозяйства.** С развитием общественного разделения труда и специализацией сельского хозяйства изменялись системы ведения хозяйства. Необходимым следствием специализации и географического размещения сельскохозяйственного производства по различным природно-экономическим зонам страны являются, по мнению В. И. Ленина, разнообразные «системы земледельческого хозяйства» одного и того же общественного способа производства.

Экономически эффективными системами земледелия следует признать те из них, которые вместе с повышением плодородия почвы обеспечивают рост производительности сельскохозяйственного труда и снижение себестоимости производимой продукции.

**С естественнонаучной точки зрения система земледелия** — это комплекс агротехнических и мелиоративных мероприятий по повышению плодородия почвы, которые направлены на рост урожайности сельскохозяйственных культур, причем цель и характер этих мероприятий определяются особенностью системы ведения хозяйства. Поэтому система ведения хозяйства, кроме системы земледелия, включает систему животноводства, систему машин, капиталовложения, полный хозяйственный расчет и самофинансирование, коллективный подряд и другие планово-экономические мероприятия.

**Общее значение системы земледелия** определяется тем, что она составляет основу полеводства, которое является базой всего сельскохозяйственного производства. Продуктивность сельскохозяйственного производства определяется продуктивностью полеводства, а продуктивность полеводства — степенью совершенства и интенсивности применяемых систем земледелия.

## Раздел 2. Основы агрохимии

### Тема 2.1. Агрохимия, ее роль и значение для сельского хозяйства. Методы агрохимии. Понятие об удобрениях, их классификация. Способы и сроки внесения удобрений.

*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 непроизводительные потери их из почвы (вследствие ветровой и водной эрозии, выщелачивания, улетучивания в атмосферу и т.д.) и, таким образом, не только поддерживать, но и по-

вышать 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.

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.

### ***Понятие об удобрениях, их классификация***

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,  $\text{KCl}$  — 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, мочевина, 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.

#### **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.

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.

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

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.

**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 зяблевую 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 мочевину можно вносить с осени.

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

Для лучшего обеспечения питания растений в начальный период роста наряду с основным удобрением необходимо 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 легкораствори-

мые 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 растения питателями или с поливной водой.

Некорневые и корневые подкормки макро- и микроудобрениями широко применяют в плодородстве 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. Минеральные удобрения (азотные, фосфорные, калийные). Пути снижения потерь и повышения эффективности удобрений. Микроудобрения. Комплексные удобрения.** Компьютерная презентация – 1 часа.

### *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 урожаев. Они обеспечивают до 50 % общей прибавки урожая, получаемой от полного минерального удобрения (NPK).

При этом большую их долю занимают 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).

#### *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) —  $\text{NaNO}_3$ . Содержит не менее 16 % азота и 26 % натрия. Это мелкокристаллическая соль белого или желтоватобурого цвета, хорошо растворимая в воде. Обладает слабой гигроскопичностью, но при хранении в неблагоприятных условиях может слеживаться. При правильном хранении не слеживается и сохраняет хорошую рассеваемость.

**Кальциевая селитра** (нитрат кальция, азотнокислый кальций) —  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  - Содержит не менее 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  $\text{Na}^+$  или  $\text{Ca}^{2+}$ , 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 рассеиваемость.

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) —  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Побочный продукт при производстве соды. Удобрение содержит 25 % азота. Из-за большого количества хлора (67 %)  $\text{NH}_4\text{Cl}$  непригоден 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  $\text{NH}_4^+$ , чем анионы  $\text{SO}_4^{2-}$  (или  $\text{Cl}^-$ ). При однократном внесении умеренных доз этих удобрений заметного подкисления почвы не наблюдается, но при систематическом использовании на малобуферных почвах происходит значительное их подкисление.

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.

Хлористый аммоний нитрифицируется медленнее, чем сульфат аммония, что связано с отрицательным влиянием хлора на деятельность нитрифицирующих бактерий. Это удобрение целесообразно применять под рис.

В результате нитрификации аммонийных удобрений образуется  $\text{HNO}_3$ , освобождается  $\text{H}_2\text{SO}_4$  или  $\text{HCl}$ . 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** —  $\text{NH}_3$ . Содержит 82,2 % азота. Получают снижением газообразного аммиака под давлением. По внешнему виду бесцветная, подвижная жидкость, плотность при 20 °C 0,61, температура кипения 34 °C. При хранении в открытых сосудах быстро испаряется. Обладает высокой упругостью паров (при 10 °C 0,51 МПа и при 38 °C 1,37 МПа), поэтому его хранят и транспортируют в стальных баллонах или цистернах, выдерживающих высокое давление.

**Аммиачная вода** (водный аммиак) —  $\text{NH}_4\text{OH}$ . 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  $\text{NH}_3$  и  $\text{NH}_4\text{OH}$ , причем аммиака содержится больше, чем аммония. Этим обусловлена вероятность потерь азота за счет улетучивания  $\text{NH}_3$  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 азототукового 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) —  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . 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.

Одна половина азота в удобрении находится в нитратной, а другая — в аммонийной форме. Еще в начале XX в. Д. Н. Прянишников определил, что азотнокислый аммоний — физиологически кислая соль вследствие более интенсивного усвоения растениями аммонийного, чем нитратного, азота. В полевых условиях аммиачная селитра обладает явным, но более слабым по сравнению с сульфатом аммония подкисляющим действием на почву.

Однако дальнейшими работами Д. Н. Прянишникова и его учеников доказано, что аммонийный и нитратный азот при определенных условиях — равноценные источники питания для растений.

Преимущественное использование растениями аммонийного или нитратного азота зависит от ряда факторов, важнейшие из которых: биологические особенности культуры, обеспеченность ее углеводами, реакция среды, наличие кальция, калия и других элементов питания, в том числе микроэлементов.

При недостатке углеводов и, следовательно, органических кетокислот (особенно при прорастании семян, имеющих малый запас углеводов, например сахарной свеклы) избыточное поступление аммонийного азота в растения может оказывать отрицательное действие. В этом случае аммонийный азот не успевает использоваться на синтез аминокислот и накапливается в тканях, вызывая «аммиачное отравление» растений. Те растения, в посевном материале которых содержится много углеводов (например, крахмала у картофеля), быстро усваивают поступающий аммонийный азот и хорошо отзываются на внесение аммонийных удобрений.

При нейтральной реакции аммонийный азот усваивается растениями лучше, а при кислой — хуже, чем нитратный. Повышенное содержание кальция, магния и калия создает более благоприятные условия для усвоения аммонийного азота, а при нитратном питании важное значение имеет достаточная обеспеченность фосфором и молибденом.

Недостаток молибдена тормозит восстановление нитратов и ограничивает ассимиляцию нитратного азота растениями. В естественных условиях сравнительная ценность для растений нитратных и аммиачных (аммонийных) форм азотных удобрений в значительной степени определяется их превращениями в почве и ее свойствами.

Подкисляющее действие аммиачной селитры на почву — результат как проявления ее возможной физиологической кислотности, так и трансформации удобрения в почве.

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 расходе, 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 известки, 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 Карбамидные удобрения

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 рассыпаемость. 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, мочевины быстро (за 2—3 дня) аммонифицируется с образованием карбоната аммония:  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O} = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ . В первые дни после внесения мочевины вследствие образования  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  (гидролитически щелочная соль) происходит временное местное подщелачивание почвы.  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  поглощается почвой и постепенно нитрифицируется [причем нитрификация его протекает быстрее, чем  $(\text{NH}_4)_2\text{NO}_4$ ], и временное подщелачивание почвы сменяется некоторым подкислением.

На малобуферных легких почвах смещение реакции почвенного раствора может быть особенно заметным. Для нейтрализации подкисляющего действия 1 ц мочевины требуется 0,83 ц  $\text{CaCO}_3$ .

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

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

В отличие от других азотных удобрений мочевины 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.

#### *Пути снижения потерь и повышения эффективности азотных удобрений*

В современных условиях при решении проблемы азота в земледелии страны исключительно важная роль принадлежит биологическому азоту, фиксируемому бобовыми растениями в симбиозе с клубеньковыми бактериями, а также свободноживущими и ассоциативными почвенными микроорганизмами. Особое значение имеет симбиотическая азотфиксация многолетними бобовыми травами (клевер, люцерна), которые на 1 т сена накапливают в пожнивно-корневых остатках до 15 кг/га азота, используемого последующими культурами севооборота на 50—60 %. Не обедняют почву азотом и однолетние бобовые культуры, которые также являются хорошими предшественниками. Возделывание бобовых культур не только способствует лучшему обеспечению страны полноценным пищевым и кормовым белком, но и имеет важное значение в сохранении почвенного плодородия при дефиците органических и азотных минеральных удобрений, в повышении урожая последующих культур севооборота, использующих после минерализации азот пожнивно-корневых остатков бобовых предшественников, особенно многолетних трав. При существующих структуре посевных площадей и продуктивности бобовых культур общие размеры фиксации ими азота атмосферы на пашне России составляют 2,5 млн. т. При этом 1/3 усвоенного азота остается в пожнивно-корневых остатках.

Самый действенный путь увеличения поступления биологического азота в почву — расширение посевов и повышение урожайности бобовых многолетних трав и зернобобовых, однолетних бобово-злаковых трав, увеличение доли бобовых в смешанных травостоях. Выращивание бобовых создает хороший агрофон для земледелия и позволяет экономить за счет биологического азота более дорогой азот минеральных удобрений.

Наблюдающееся в России при агрохимическом мониторинге истощение азотного фонда почв связано со снижением содержания в них органического вещества и уровня применения азотных минеральных удобрений. В отличие от фосфорных и калийных минеральных удобрений, азотные практически не обладают последствием. Подкисление почвы неизбежно приводит к ухудшению азотного питания растений вследствие снижения азотфиксации бобовыми культурами, свободноживущими азотфиксаторами и ассоциативной микрофлорой, торможения минерализации и последующей нитрификации почвенного азота, увеличения его потерь за счет «хемоденитрификации».

Основной источник потерь азота удобрений на связных почвах — денитрификация. Наиболее интенсивно газообразные потери азота в ходе биологической и косвенной денитрификации происходят в первые 10—20 дней после внесения азотных удобрений и в условиях ограниченного биологического поглощения в почве. С увеличением доз азотных удобрений потери, как правило, возрастают.

Потери азота удобрений за счет вымывания нитратов на связных почвах обычно незначительны — не более 5% (чаще 1—3%) внесенного количества, а на легких хорошо дренированных почвах с промывным режимом увлажнения (при орошении и в периоды выпадения избыточного количества осадков) они могут достигать до 10—25%. Потери вследствие улетучивания аммиака наблюдаются при нарушении технологии внесения аммиачных форм жидких азотных удобрений, а также при поверхностном внесении мочевины или несвоевременной заделке удобрений типа КАС на карбонатных, щелочных почвах.

Снижение потерь и повышение эффективности азота удобрений обеспечиваются при увеличении степени его усвоения сельскохозяйственными культурами за счет оптимизации режима и условий питания растений (применение оптимальных доз и форм азота, приближение срока внесения удобрений к периоду интенсивного потребления азота, сбалансированного питания другими макро- и микроэлементами, локализации азотных удобрений в почве и т. д.), а также агротехнических мероприятий и создания благоприятных водного режима и реакции почвы.

Под влиянием азотных удобрений, особенно в условиях достаточного увлажнения и на мелиорированных почвах, усиливается минерализация органического вещества и возрастают не только усвоение растениями почвенного азота, но и его потери. Потери азота удобрений и почвы могут быть снижены за счет усиления иммобилизации и (или) торможения минерализации органического вещества почв путем внесения органических удобрений, в том числе соломы, проведения агротехнических почвозащитных и природоохранных мероприятий, выращивания пожнивных и промежуточных культур, возделывания трав, использования зеленого удобрения и т. д.

При систематическом применении азотных удобрений (особенно в дозах, необходимых для получения высокой урожайности) возникает экологическая опасность, связанная с накоплением в растениях избыточных количеств нитратов (и нитритов), а также с загрязнением ими водоемов и источников питьевой воды вследствие смыва, вертикальной миграции и подпочвенного стока. В связи с этим в России установлены регламенты доз азотных удобрений, соблюдение которых полностью исключает эти негативные явления. Для снижения потерь азота и устранения опасности загрязнения нитратами растениеводческой продукции и окружающей среды разрабатывают новые формы азотных удобрений — медленно-растворимые, капсулированные с контролируемой скоростью высвобождения азота, модифицированные ингибиторами нитрификации. Последние препараты при внесении в почву в относительно небольших дозах вместе с аммонийными, аммиачными удобрениями и мочевиной тормозят нитрификацию в течение 1,5—2 мес. и сохраняют минеральный азот почвы и удобрений в аммонийной форме. Подавляя нитрификацию азота удобрений, ингибиторы (как показали опыты с <sup>15</sup>N) снижают в 1,5—2 раза его потери в газообразной форме и вследствие вымывания нитратов. В результате значительно повышаются урожайность различных культур и эффективность азотных удобрений. Наиболее перспективно применение ингибиторов нитрификации с аммонийными удобрениями и мочевиной в районах орошаемого земледелия, особенно под рис, а также другие культуры в зоне достаточного увлажнения на легких почвах.

### ***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 труднодоступных 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 агроруды (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 1996—2000 гг. в России применялось в среднем менее 3 кг/га д. в. фосфорных удобрений. На 2005 г. намечено увеличение льготных поставок фосфорных удобрений до уровня, который не покрывает потребности сельского хозяйства даже только для рядкового внесения. 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 полутораоксидами 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 полутораоксидов, образуются фосфаты алюминия и железа, фосфор из которых слабо доступен для растений. Чем больше в почве содержится подвижных форм полутораоксидов, 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  $P_2O_5$ .

Коэффициент использования фосфора из суперфосфата в год его внесения при допосевном применении вразброс под вспашку составляет 10—15 %, а при рядковом внесении возрастает в 1,5—2 раза. За 2—3 года коэффициент использования фосфора суперфосфата равен примерно 40 %.

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

## 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 мартеновский.** Побочный продукт переработки мартеновским 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  $4CaO + P_2O_5 \cdot CaSiO_3$ .

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 ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ).

**Термофосфаты** —  $\text{Na}_2\text{O}\cdot 3\text{CaO}\cdot\text{P}_2\text{O}_5 + \text{SiO}_2$ . Получают сплавлением или спеканием размолотого фосфорита или апатита с щелочными солями — содой или поташом, или природными магниевыми силикатами, а также с сульфатами калия, натрия и магния. При этом образуются усвояемые растениями кальциево-натриевые или кальциево-калиевые фосфаты, а также другие фосфаты и силикофосфаты.

Термофосфаты содержат 20—30 % лимоннорастворимого фосфора ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ). 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 ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) и 8—14 %  $\text{MgO}$ . 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 %  $\text{SiO}_2$ ) при температуре 1450—1550 °С. При этом разрушается кристаллическая решетка фторapatита и удаляется фтор в газообразной форме, а фосфор переходит в усвояемую (лимон-норастворимую) форму. Обесфторенный фосфат содержит не менее 36 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ , растворимой в 0,4 %-ной  $\text{HCl}$ . 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 фторapatита, гидроксиapatита, 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  $\text{P}_2\text{O}_5$  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, соотноше-



ние  $\text{CaO}:\text{P}_2\text{O}_5$  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 растением  $\text{CaHPO}_4$ . 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  $\text{P}_2\text{O}_5$ /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  $\text{P}_2\text{O}_5$ /кг почвы, а в кормовых и овощных севооборотах — до 200-300 мг/кг.

Для повышения содержания  $\text{P}_2\text{O}_5$  на 10 мг/кг почвы в пахотном горизонте (в интервале 50-300 мг/кг) необходимо вносить в виде фосфоритной муки следующее количество  $\text{P}_2\text{O}_5$  (кг/га): на дерново-подзолистых почвах в зависимости от гранулометрического состава — 60—120, на серых лесных — 70-140, на оподзоленных и выщелоченных черноземах — 90-120.

#### ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ

подавляющая часть почв сельскохозяйственного использования в нашей стране отличается недостаточным содержанием подвижного фосфора. Много пахотных почв с низкой обеспеченностью фосфором в Сибири, на Дальнем Востоке, Урале и Северном Кавказе. Низким содержанием подвижного фосфора характеризуются кислые почвы Нечерноземья. Потребность в фосфорных удобрениях возрастает в условиях достаточной обеспеченности азотом. На хорошо гумусированных почвах недостаток фосфора — нередко основной фактор, ограничивающий рост урожайности и не позволяющий получить полную отдачу от других видов удобрений. Фосфорные удобрения не только повышают урожай, но и влияют на качество продукции (повышают содержание белка в зерне, сахаристость корнеплодов сахарной свеклы, крахмалистость клубней картофеля), способствуют увеличению доли боковых компонентов в травостоях и содержания белка в сене и пастбищном корме и т. д.

Усиление фосфорного питания способствует повышению зимостойкости растений, ускоряет их развитие и созревание. Так, под влиянием фосфорных удобрений сроки созревания зерновых культур сокращаются на 5—6 дней, что особенно важно для районов с непродолжительным периодом вегетации растений. Фосфорные удобрения ограничивают отрицательное действие засухи на растения, снижают коэффициент водопотребления. При оптимальном фосфорном питании растения лучше укореняются, у них развивается более мощная корневая система, что также повышает их морозо- и засухостойчивость.

Применение фосфорных удобрений — единственный путь пополнения запасов фосфора в почве и обеспечения бездефицитного баланса этого элемента в хозяйстве. Напомним, что основная часть потребленного растениями фосфора отчуждается из хозяйства с товарной продукцией и лишь частично возвращается в почву с пожнивными остатками и в составе местных органических удобрений.

Фосфор водорастворимых форм удобрений сильно закрепляется почвами и имеет низкий коэффициент использования растениями. Из суперфосфата в год внесения растениями используется в среднем 15—20 % фосфора. При внесении удобрения локально — в рядки при посеве и посадке культур — коэффициент усвоения фосфора растениями возрастает в 1,3—1,5 раза. За ротацию севооборота (7—9 лет) использование фосфора удобрения составляет 40—50 %, остальное количество внесенного фосфора связывается в усвояемых и в труднодоступных для растений формах. Из органических удобрений в год внесения усваивается 25—30%, а за 7—9 лет — о 50% содержащегося в них фосфора. Следовательно, для получения планируемой прибавки урожая необходимо вносить не менее чем в 2 раза больше фосфора с удобрениями, чем выносится его с желаемой прибавкой урожая.

На слабокультурных почвах внесение фосфора в почву должно превышать его вынос с урожаем сельскохозяйственных культур в 1,5—2,0 раза, а на хорошо обеспеченных фосфором почвах достаточно компенсировать его вынос с урожаем. В отличие от азота фосфор практически не вымывается из почвы, не существует также газообразных потерь этого элемента. Остаточные количества фосфора удобрения пополняют запас его в почве, а также частично могут использоваться растениями и действуют постепенно на протяжении многих лет. Убыль фосфора в земледелии связана не только с выносом его урожаями, сорной растительностью, а также и эрозионными процессами. Поступление его в почву происходит с минеральными и органическими удобрениями, а также с семенами.

Для получения высоких и стабильных урожаев, сохранения и повышения плодородия почв интенсивность баланса фосфора (т.е. степень превышения приходной его части над расходной, выраженная в процентах) должна составлять для лесостепной зоны 150—200 %, а степной — 200—250 %.

Систематическое применение возрастающих доз фосфорных удобрений в России с начала интенсивной химизации до 1990 г. не только устранило отрицательное действие недостатка фосфора на урожайность сельскохозяйственных культур, но и обеспечило снижение на 40 % доли пахотных почв с низким содержанием подвижного фосфора. В то же время на значительных площадях пашни, особенно в Нечерноземной зоне, продолжали вносить высокие дозы фосфорных удобрений там, где содержание подвижного фосфора уже превысило оптимальный уровень и наблюдалось зафосфачивание почв. При повышении содержания подвижного фосфора в почвах выше оптимального уровня отдача от вновь применявшихся удобрений снижалась, но создавался определенный запас фосфора для увеличения продуктивности растений в последующий период.

В условиях, когда поставка минеральных удобрений и внесение местных органических удобрений резко сократились, применение фосфорных удобрений не покрывает даже вынос фосфора с урожаями сельскохозяйственных культур, сорной растительностью и потери его за счет эрозии почв. В этих обстоятельствах огромную роль играют правильное прогнозирование потребности и строго дифференцированное применение фосфорных удобрений с учетом фактической их эффективности и результатов агрохимического обследования почв. Институты агрохимического профиля и агрохимическая служба научно обосновывают и устанавливают оптимальные уровни содержания подвижных фосфатов в почвах, а также дозы удобрений, разрабатывают технологии их рационального, экономически эффективного и экологически безопасного применения в зональных системах земледелия. При остром дефиците удобрений должны обеспечиваться высокая окупаемость каждого килограмма их действующего вещества получаемой продукцией, наиболее полное использование питательных веществ растениями.

С этих позиций самый экономный и высокоэффективный прием использования водорастворимых фосфорных удобрений — рядковое (локальное) их внесение при посеве и посадке сельскохозяйственных культур. Для этого обычно применяют суперфосфат, а при более высоком содержании подвижного фосфора в почве лучше использовать аммофос и другие комплексные удобрения. При локальном способе внесения снижается химическое связывание фосфора и он приближается к корневой системе растений, что обеспечивает повышение коэффициента использования фосфора удобрения на 5—8 % и увеличение урожая по сравнению с разбросным внесением. Внедрение локального точного способа внесения фосфорных водорастворимых удобрений до посева сдерживает нехватка специальных машин.

В засушливых условиях особое значение имеет глубокая заделка основного фосфорного удобрения.

Важный резерв повышения эффективности водорастворимых фосфорных удобрений на кислых почвах — известкование.

Рациональное размещение фосфорных удобрений в севообороте обеспечивает лучшее использование фосфора. Усвоение его растениями, эффективность удобрений и остаточных фосфатов в почве возрастают при сбалансированном снабжении другими элементами питания, в том числе микроэлементами. В свою очередь, оптимальное снабжение фосфором повышает эффективность других удобрений.

Целесообразно использование в нашей стране фосфорных удобрений на основе неполной кислотной переработки фосфатов. К ним относится уже намечавшийся к производству суперфос с содержанием 37—38 %  $P_2O_5$ , в том числе около 60 % в водорастворимой форме. Производство этого удобрения позволит не только сэкономить серную кислоту, получать удобрение с хорошими физико-механическими свойствами, по эффективности близкое к суперфосфату, но и использовать фосфориты, малопригодные для непосредственного получения фосфоритной муки.

В современных условиях важное значение имеют агрохимическая и экологическая оценки, а также организация производства фосфоритной муки на основе местных, малопригодных для промышленной переработки, фосфоритов (их в России более 200). Местная фосфоритная мука значительно дешевле, транспортные расходы на ее доставку ниже, а по эффективности она может не уступать промышленному удобрению. При отсутствии агроэкологических противопоказаний местную фосфоритную муку можно использовать непосредственно для внесения в кислые почвы и для компостирования с навозом и другими органическими удобрениями. Разработку и размол местных агроруд можно осуществить в короткие сроки с минимальными затратами за счет организации мелких предприятий, как это сделано в Татарстане и Хакасии на базе фосфоритов Слюдяковского и Облджанского месторождений.

### 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 надобность 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).

Предприятия выпускают гранулированные и непылящие формы хлористого калия. Освоен выпуск хлористого калия с различными микродобавками (цинк, медь, бор), калийной селитры, а также сложного калийно-магниевое удобрения и аммониевой калимагнезии. Хлористый калий используют в качестве составной части для производства целого ряда комплексных минеральных удобрений, а гранулированный хлористый калий — для смешанных, содержащих все три основных элемента питания.

Необходимо отметить, что выпускаемый хлористый калий находит применение в текстильной, стекольной, мыловаренной, фармацевтической, целлюлозно-бумажной, кожевенной и других отраслях промышленности, а также в металлургии, пиротехнике и фотографии.

#### 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.

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

На почвах среднего и тяжелого гранулометрического составов калийные удобрения необходимо вносить с осени под яблечную 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, кальций 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.

### УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ

Калийные удобрения наиболее эффективны на легких песчаных и супесчаных, а также на торфянистых и пойменных почвах. На этих бедных калием почвах все сельскохозяйственные культуры сильно отзываются на внесение калийных удобрений. На торфяниках, которые содержат достаточно азота, а часто и фосфора, внесение только одних калийных удобрений может дать высокий эффект.

Важное условие эффективного применения калийных удобрений — хорошее обеспечение растений азотом и фосфором. На почвах, бедных азотом и фосфором, одни калийные удобрения не дают желаемого результата.

На дерново-подзолистых, суглинистых и глинистых почвах, содержащих значительное количество калия, потребность всех культур в калийных удобрениях проявляется обычно только при одновременном внесении азотных и фосфорных удобрений. На черноземных почвах, еще лучше обеспеченных калием, применение калийных удобрений (обязательно в сочетании с азотными и фосфорными) необходимо только под культуры, потребляющие много калия, — сахарную свеклу, кукурузу, подсолнечник, картофель и овощные, а на каштановых почвах — только при орошении. На солонцах, обычно богатых валовыми запасами и содержанием подвижного калия, калийные удобрения неэффективны, а внесение их способствует дальнейшему засолению этих почв.

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

Калийные удобрения на связных почвах лучше вносить осенью (при этом ограничивается отрицательное действие хлора), а на легких почвах — весной под предпосевную обработку или частично в подкормку. На лугах при сенокосном и особенно пастбищном использовании травостоя калийные удобрения целесообразно вносить дробно, чтобы избежать избыточной концентрации калия в корме и обеднения его магнием. На известкованных почвах потребность в калийных удобрениях возрастает. На легких песчаных и супесчаных почвах особенно эффективны магнийсодержащие калийные удобрения.

При определении дозы калия руководствуются размерами потребления его с планируемыми урожаями культур и уровнем (группой) обеспеченности почв подвижным калием. Калийные удобрения, как правило, оказывают положительное влияние на урожай при содержании подвижного калия на уровне 1—3-й группы (до 80—120 мг/кг в некарбонатных и 30—40 мг/кг в карбонатных почвах). При более высокой обеспеченности почв калием потребность в калийных удобрениях снижается и их эффективность зависит от состава возделываемых культур и агротехники, применения азотных и калийных удобрений, известкования кислых почв и других факторов.

Для основных регионов установлены оптимальные уровни содержания калия в почвах применительно к конкретным условиям и разработаны рекомендации по применению калийных удобрений. При оценке роли калия в земледелии недостаточно учитывают значение этого элемента в повышении устойчивости растений к комплексу неблагоприятных факторов. Сбалансированное калийное питание растений способствует получению продукции высокого качества, снижает потери при хранении. При достаточном содержании калия и в почве растения более экономно расходуют влагу, а также азот и фосфор на формирование единицы товарного урожая.

Для контроля за правильностью доз калийных удобрений, применяемых в севообороте, обеспечивающих его максимальную продуктивность и сохранение оптимального уровня содержания калия в почве, целесообразно определять баланс калия. При этом необходимо учитывать поступление калия из навоза и его использование. На почвах более тяжелого гранулометрического состава возможно внесение калийных удобрений в запас на 2—4 года.

При правильном применении калийных удобрений каждый килограмм  $K_2O$  обеспечивает в среднем получение следующего количества дополнительной товарной продукции (кг/га): сахарной свеклы 35—40, картофеля 20—33, льноволокна 1,5, зерна озимых культур 3—5, яровых зерновых 2—3, клеверного или люцернового сена 20—30. Еще большая окупаемость единицы калия на легких и торфянистых почвах.

По данным агрохимической службы России, долевое участие калия в прибавке урожая основных культур от полного минерального удобрения составляет 17—26 %.

Следует также отметить исключительно важную роль калийных удобрений в снижении содержания одного из наиболее опасных долгоживущих радионуклидов - цезия-137 в растительной и животноводческой продукции на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению. «Калиевая терапия» подвергшихся радиоактивному загрязнению после чернобыльской катастрофы легких дерново-подзолистых почв Брянской области в сочетании с их известкованием позволила не только повысить продуктивность зернокармального и зернокармопропашного севооборота, но и получить товарную продукцию возделываемых культур с уровнем загрязнения цезием-137 ниже установленных ограничений по этому параметру.

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 биогеохимических провинциях с избыточным содержанием доступных форм микроэлементов снижается урожай и ухудшается качество продукции. Недостаток или избыток отдельных микроэлементов в растениеводческой продукции и кормах может вызывать 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-глеевых и темноцветных заболоченных почвах, а также на известкованных дерново-подзолистых и насыщенных основаниями почвах. Низким содержанием бора, как и других микроэлементов, отличаются песчаные и супесчаные почвы.

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 вы-

соким 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), марганизированный 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). Марганизированный 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-глебовые почвы. Применение медных удобрений на этих почвах — неперемное 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 %  $\text{K}_2\text{O}$  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 повыша-



ется 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 урожая 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.

### **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 ( $\text{KNO}_3$ ), магний-аммоний-фосфат ( $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ ). 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 двухкомпонент-

ных 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 тукосмешение.

*Смешанные удобрения* — это смеси простых и сложных удобрений, получаемые в заводских условиях либо на тукосмесительных 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 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ , т. е. соотношение N :  $\text{P}_2\text{O}_5$  в удобрении чрезмерно широкое (азота в 4 раза меньше, чем фосфора). В диаммофосе может содержаться 19—21% N и 49—53%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , соотношение N:  $\text{P}_2\text{O}_5$  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 внутрипочвенного внесения под пропашные — технические и овощные культуры. Благодаря хорошим физическим свойствам и высокой концентрации питательных веществ они служат хорошим компонентом для тукосмесей. Производят также трехкомпонентные сложно-смешанные комплексные удобрения на основе аммофосов с добавлением хлористого калия. Например, ОАО «Череповец» выпускает диаммофоску с содержанием питательных элементов (N-P-K) 10-26-26.

**Магний-аммонийфосфат,  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4$ .** 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),  $\text{KNO}_3$ . 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 ( $\text{NH}_4\text{PO}_3$ , содержит 14 % азота и 32 % фосфора) и метафосфат калия ( $\text{KPO}_3$ , 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 ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{KCl}$ ), 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,  $\text{P}_2\text{O}_5$  — 8—30 и  $\text{K}_2\text{O}$  — 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 нитро-аммофосом; при введении калия — нитроаммофоской. Эти комплексные удобрения отличаются высоким содержанием питательных элементов, причем при их получении имеется широкая возможность для изменения соотношения N :  $\text{P}_2\text{O}_5$  :  $\text{K}_2\text{O}$  в их составе. Нитроаммофосы могут выпускаться с содержанием N 10—30 % и  $\text{P}_2\text{O}_5$  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 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

**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; 2:1:1:1; 1:1,5: 1.

**Полифосфаты аммония.** Получают путем нейтрализации аммиаком полифосфорной кислоты. Удобрение содержит 17 % N и 60 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 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%  $\text{P}_2\text{O}_5$  и 37%  $\text{K}_2\text{O}$ , 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 %,  $\text{P}_2\text{O}_5$  — 5—14 и  $\text{K}_2\text{O}$  — 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 получения 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 внутрпочвенно 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.

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 рассеваемость 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 рассеваемость 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, мочевина — 0,2, суперфосфат — 4, аммофос — 1, гранулированный хлористый калий — 1,2; свободная кислотность суперфосфатов должна быть не более 1 % (в пересчете на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). 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 : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O), 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 отдельным 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, мочевина, 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 «аммофоскамид» 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. Головная установка сухого тукосмешения мощностью 35—40 тыс. т  $P_2O_5$  (начавшая работать в Орловской области в 1998 г.) позволяет выпускать любой ассортимент смесей на базе фосфатов аммония, а также карбамида и гранулированного хлористого калия. 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 ответственности 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, реже — 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.

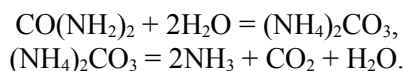
Ценный подстилочный материал — торф, который содержит в 3—4 раза больше азота, чем солома. Он обладает значительно большей поглотительной способностью — почти полностью поглощает мочу и образующийся при ее разложении аммиак.

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 подстилочного 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 вносить 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  $\text{CO}_2$  и органических кислот фосфор фосфоритной муки переходит в доступную для растений форму. Одновременно происходит связывание выделяющегося из навоза аммиака с образованием  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ , 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 м<sup>2</sup>): крупный рогатый скот — 2—2,5, молодняк крупного рогатого скота—1 — 1,25, свиньи — 0,4—0,5, овцы — 0,2—0,3. Вместимость жижесборников зависит от объема навозохранилища — около 2 м<sup>3</sup> на 100 м<sup>2</sup> 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 м<sup>3</sup>.

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 м 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 м<sup>3</sup> навоза. Примерная масса 1 м<sup>3</sup> свежего рыхлосложенного и уплотненного 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<sub>2</sub>, 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 заделки 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 подстильному 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 м<sup>3</sup> 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. м<sup>3</sup>. 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 смыв его при весеннем снеготаянии. Подкормку пастбищ жидким навозом проводят сразу же после стравливания или не позднее чем за 25—30 дней до очередного стравливания, чтобы не ухудшить поедаемость зеленого корма.

Под многолетние травы, на естественные сенокосы и орошаемые культурные пастбища годовую норму навоза вносят мелко равными частями в 2—4 срока рано весной и после укосов или стравливания зеленой массы. Под другие культуры навоз используют при осенней вспашке или весенней перепашке и предпосевной обработке почвы.

Необходимо отметить, что чрезмерные (больше рекомендуемых) дозы жидкого навоза не только не увеличивают прибавки урожая, но и могут оказывать отрицательное действие на качество растениеводческой продукции, вызывая накопление нитратов в кормовых и овощных культурах, а также загрязнение ими природных вод.

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 еберут 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—1,0 м с помощью 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 внутрипочвенное 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 % K<sub>2</sub>O, 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 K<sub>2</sub>O — 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(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>], которая под влиянием уробактерий быстро превращается в карбонат аммония [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>], а последний легко разлагается с образованием CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O и NH<sub>3</sub>. 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 CO<sub>2</sub>, образующимся при разложении мочи, и диссоциация [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>] 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 м<sup>3</sup> 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 (табл. 52).

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 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и 8 кг калия (K<sub>2</sub>O).

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.

На отдельных птицефабриках помет, получаемый при клеточном содержании кур, высушивают в специальных сушилках при температуре 600—800 °С. Термически высушенный помет имеет небольшую влажность (17—20 %) и содержит около 4,5 % азота, из них примерно 0,6 % аммонийного, 3,7 — фосфора и 1,7 % калия.

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 рассадных грунтов. Поставка торфа сельскому хозяйству России в 90-е годы прошлого столетия достигала 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 низкочольные, сильнокислые, с большим количеством органического вещества, но малой степенью его минерализации, обладают высокой поглощательной способностью — 1 кг сухого торфа может поглотить 8—15 л влаги. Верховой слаборазложившийся торф целесообразно использовать в качестве подстилочного материала и для приготовления компостов.

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

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

Органическое вещество торфа очень устойчиво к микробиологическому разложению, минерализация органических соединений азота происходит очень медленно. Многие виды торфа имеют кислую реакцию, что также затрудняет разложение их в почве. Микроорганизмов в торфе 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 экономической точки зрения. Это допустимо только по отношению к сильноразложившемуся высокозольному низинному торфу с нейтральной реакцией вблизи мест его заготовки и торфу, богатому известью (торфотуф) или фосфором (вивианитовый торф). Эффективность торфа повышается при компостировании 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 60-5%. 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 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 2—3 кг K<sub>2</sub>O. 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 биогулус**

**Гуминовые препараты.** Относятся к группе физиологически активных веществ, активизирующих 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, каолинов и пр.



Препаративные формы могут быть самые разнообразные — от жидких безбалластных (например, гумат калия 5—10%-ной концентрации, используемый для предпосевной обработки семян или клубней, в подкормки при поливах, при разбавлении в 500—1000 раз) до гранулированных органоминеральных комплексных удобрений (например, выпускаемое под торговым названием «ТОГУМ» торфогуминовое удобрение на основе торфа с содержанием до 4 % гумата калия, а также с введением азота, фосфора и микроэлементов).

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 м<sup>2</sup> 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 заашку их зеленой массы в почву для обогащения ее азотом и органическим веществом. 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 заашки 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, поглощательная 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 зашывается 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 известкованных). 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 по-

вышенной 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 малоплодородных 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 подсевную 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.

**Тема 2.4. Система удобрений. Почвенно-климатические и ландшафтные условия применения удобрений. Оценка экономической эффективности применения удобрений и сертификация удобрений. Транспортировка, хранение и внесение удобрений, агроэкологические требования**

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 техни-

ческих ресурсов, но и компенсации выноса питательных веществ из почвы с урожаем путем применения 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 предопределяют 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) — полужасушливая; сухостепная (темно-каштановые и каштановые почвы) — засушливая; полупустынная и пустынная (светло-каштановые и бурые почвы) — очень засушливые. 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 засушливых 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 засушливых районах (или в засушливые 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, смывость 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 трудно-растворимые 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 противозерозийных 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 потребности сельского хозяйства в минеральных удобрениях***

Основой для прогноза потребности сельского хозяйства в минеральных удобрениях и их ассортимента служат результаты агроэкономической оценки данных Географической сети полевых опытов с удобрениями и другими средствами химизации и массовых опытов агрохимической службы в производственных условиях. Потребность в удобрениях и их оптимальный ассортимент планируют с учетом почвенно-климатических условий, народнохозяйственной значимости выращиваемых культур и экономической эффективности удобрений, исходя из потребности страны в различных видах сельскохозяйственной продукции и возможного уровня государственной поддержки промышленности по производству минеральных удобрений и сельскохозяйственных товаропроизводителей.

В первую очередь предусматривают потребность в минеральных удобрениях для культур, производство которых имеет важное народнохозяйственное значение и, кроме того, ограничено определенными почвенно-климатическими условиями. Полностью для получения планируемого урожая должны обеспечиваться удобрениями посевы на мелиорируемых землях с регулируемым водным режимом, что обусловлено высокой эффективностью удобрений при орошении, а также необходимостью быстрее окупить значительные капиталовложения на мелиорацию земель. Более высокий уровень обеспеченности удобрениями предусматривают для регионов достаточного увлажнения, где достигается наибольшая оплата единицы удобрений.

Определение потребности в минеральных удобрениях по стране, областям и республикам, экономическим районам, а также обоснование оптимального размещения крупных межсезонных складов удобрений заводов-производителей и агрохимической службы проводят с использованием экономико-математических методов и электронно-вычислительной техники. В ЦИНАО для этих целей создан специальный программный комплекс «Фонуд» (фонды удобрений). При разработке экономико-математической модели для решения этих задач учитывают следующие показатели:

структуру посевных площадей, фактический и прогнозируемый уровень урожайности культур и валового производства продукции на предстоящий год и на перспективу;

потребность отдельных видов удобрений на единицу товарной продукции; долю прибавки урожая, обусловленную применением отдельных видов и сочетаний минеральных удобрений согласно результатам полевых опытов; экологические ограничения по применению удобрений;

уровень потенциального и эффективного плодородия почв по результатам почвенно-агрохимических обследований;

экономическую и энергетическую эффективность удобрений, определяемую на основе данных по средним прибавкам урожая и затратам на применение 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 питания 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.

#### **Оценка экономической эффективности применения удобрений**

При разработке системы удобрения в хозяйстве, севообороте и отдельных сельскохозяйственных культур необходимо проводить определение ожидаемой экономической эффективности планируемых доз и способов внесения органических и минеральных удобрений. Наиболее простым и доступным способом предварительной экономической оценки является сопоставление ожидаемых дополнительных производственных затрат (*ДЗ*) на применение удобрений и стоимости ожидаемой от



них прибавки урожая (*СПУ*). Разница между этими показателями характеризует чистый доход (*ЧД*), прогнозируемый в результате применения удобрений:  $ЧД = СПУ - ДЗ$ .

Стоимость прибавки урожая (руб./га) устанавливают путем умножения ожидаемой прибавки урожая (*ПУ*), определяемой по нормативной оплате 1 кг д. в. удобрений приростом урожая основной и побочной продукции, т/га) на возможную стоимость дополнительной основной и побочной продукции (цены реализации — *ЦР*, руб.):  $СПУ = ПУ - ЦР$ .

Дополнительные производственные затраты, связанные с применением удобрений, включают стоимость удобрений, затраты на выполнение работ по их применению (начиная со стоимости доставки с товарных баз до внесения в поле), а также затраты на уборку и доработку ожидаемой прибавки урожая.

Отношение стоимости прибавки урожая к дополнительным затратам (*О*) позволяет оценить окупаемость дополнительных затрат на применение удобрений стоимостью дополнительной продукции:  $О = СПУ / ДЗ$ . А отношение чистого дохода к дополнительным затратам, выраженное в процентах, характеризует рентабельность (*Р*) применения удобрений:  $Р = ЧД / ДЗ \cdot 100$ .

На основе определения этих показателей проводят оценку различных вариантов системы удобрения в зависимости от финансовых, производственно-ресурсных возможностей сельскохозяйственного товаропроизводителя, уровня интенсивности используемых технологий. При ограниченных возможностях приобретения минеральных удобрений на основе рассчитанных показателей чистого дохода, окупаемости затрат и рентабельности устанавливают приоритетность удобрения отдельных культур (по полям севооборота), сенокосов и пастбищ, многолетних насаждений в порядке убывания экономической эффективности.

В первую очередь предусматриваются те составляющие блока удобрений для соответствующих технологий возделывания культур, которые заведомо обеспечивают наибольший агрономический и экономический эффект (ранневесенние азотные подкормки озимых, припосевное и припосадочное внесение фосфорных и комплексных удобрений и т.д.). Для ведущих культур оценивают возможную выгоду от применения средних рекомендуемых зональных доз минеральных удобрений (обеспечивающих нормативную окупаемость действующего вещества удобрений прибавкой урожая основной продукции) и годовых доз удобрений на планируемую урожайность. При этом учитывают сравнительную эффективность различных форм используемых органических и минеральных удобрений. Возможное улучшение качества продукции под влиянием удобрений учитывают как увеличение ее потребительской стоимости при выборе цен реализации, используемых при расчетах.

Изложенный предварительный способ оценки возможной экономической эффективности применения удобрений не должен без необходимости подменять существующие более сложные методы определения результатов процесса производства продукции с использованием более полного набора экономических показателей, в том числе себестоимости продукции и производительности труда, выхода продукции на единицу питательных веществ удобрений и др.

Такие расчеты обязательно нужны для определения фактической экономической эффективности применения удобрений под отдельные культуры, системы удобрения в севооборотах и хозяйстве в целом.

### **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 рассева на ситах различного диаметра. От него зависят склонность удобрения к уплотнению, сводообразованию при хранении, слеживаемость и рассеваемость.

При выравненном гранулометрическом составе удобрений и их смесей обеспечивается большая равномерность рассева 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/см<sup>2</sup>, 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 рассеваемость, 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.

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

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 (рис. 13). 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  $1 \text{ м}^3$ . 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 (приложение 7). *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 внутрпочвенное 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 внутрпочвенного 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.

Требуемое количество машин для внесения удобрений ( $Ч$ ) с известной рабочей производительностью может быть рассчитано по формуле

$$Ч = АВ / ПСД,$$

где  $A$  — площадь внесения удобрений, га;  $B$  — доза внесения удобрений, т/га;  $П$  — производительность, зависящая от грузоподъемности, рабочей ширины захвата и скорости движения машины, т/ч;  $C$  — число рабочих смен, дни;  $D$  — длительность рабочей смены, ч.

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  $\pm 5$  %. 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 по-

верхности 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  $\pm 10$  %. 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 внутрпочвенного 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**

<b>№ п/п</b>	<b>Номер раздела дисциплины</b>	<b>Наименование тем практических занятий</b>	<b>Объем (час.)</b>	<b>Вид занятия в ин- терактивной, активной, инновационной формах, (час.)</b>
1	1.	Определение способа обработки почвы	8	-
2	1.	Биологические особенности сорных растений	8	-
3	2.	Изучение свойств удобрений. Распознавание минеральных удобрений по качественным реакциям	8	Работа в малых группах (3 часа)
<b>ИТОГО</b>			<b>24</b>	<b>3</b>

#### **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>Компетенции</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub>, час</i>	<i>Вид учебных заня- тий</i>	<i>Оценка результатов</i>
			<i>ОПК</i>	<i>ПК</i>				
			<i>1</i>	<i>3</i>				
<b>1</b>		<b>2</b>			<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
<b>1. Основы земледелия</b>		44	+	+	2	22	Лк, ПЗ, СР	Экзамен
<b>2. Основы агрохимии</b>		64	+	+	2	32	Лк, ПЗ, СР	Экзамен
	<b>всего часов</b>	<b>108</b>	<b>54</b>	<b>54</b>	<b>2</b>	<b>54</b>		



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

1. Земледелие Ставрополя / под ред. Г.Р. Дорожко. - Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2011. - 288 с. - ISBN 978-5-9596-0742-5; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=138766> (04.05.2016) – (контрольные вопросы в конце глав).

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

№	<i>Наименование издания</i>	<i>Вид занятия</i>	<i>Количество экземпляров в библиотеке, шт.</i>	<i>Обеспеченность, (экз./чел.)</i>
1	2	3	4	5
<b>Основная литература</b>				
1.	Вашенко, И.М. Основы почвоведения, земледелия и агрохимии: Учебное пособие / И.М. Вашенко, К.А. Миронычев, В.С. Коничев. - М. : МПГУ; Издательство «Прометей», 2013. - 174 с. - ISBN 978-5-7042-2487-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=240136">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=240136</a> (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: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=230484">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=230484</a> (11.04.2016).	Лк, ПЗ, СР	ЭР	1,0
3.	Системы земледелия Ставрополя / под ред. А.А. Жученко, В.И. Трухачев. - Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2011. - 843 с. - ISBN 978-5-9596-0769-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=138779">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=138779</a> (04.05.2016).	Лк, ПЗ, СР	ЭР	1,0
<b>Дополнительная литература</b>				
4.	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: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=312312">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=312312</a> (11.04.2016).	Лк, ПЗ, СР	ЭР	1,0
5.	Термины и определения в агрохимии : учебное пособие / - Ставрополь : Агрус, 2012. - 136 с. - ISBN 978-5-9596-0814-9; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=232928">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=232928</a> (11.04.2016).	Лк, ПЗ, СР	ЭР	1,0
6.	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 уни-	Лк, ПЗ, СР	ЭР	1,0

	верситет. - изд. 2-е, перераб. и дополн. - Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2010. - 276 с. - ISBN 5-9596-0148-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=138771">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=138771</a> (04.05.2016).			
7.	Грайфер, Д.М. "Ленивое" земледелие. Практическое руководство для садовода-любителя / Д.М. Грайфер. - Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2002. - 128 с. - ISBN 5-94087-064-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=57247">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=57247</a> (04.05.2016).	Лк, ПЗ, СР	ЭР	1,0
8.	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: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=277508">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=277508</a> (04.05.2016).	Лк, ПЗ, СР	ЭР	1,0
9.	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
10.	<u>Муравин, Э. А.</u> Агрохимия : учебник / Э. А. Муравин. - М.: КолосС, 2004. - 384 с.	Лк, ПЗ, СР	20	1,0
11.	<u>Муравин, Э. А.</u> Практикум по агрохимии: учебное пособие / Э. А. Муравин, Л. В. Обуховская, Л. В. Ромодина. - М.: КолосС, 2005. - 288 с.	Лк, ПЗ, СР	30	

## 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=](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 рационального использования земли с целью выращивания культур и создания оптимальных условий для их возделывания.

Во время изучения дисциплины «Земледелие с основами агрохимии в садово-парковом хозяйстве» 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 проведения, 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 Определение способа обработки почвы**

Цель работы: ознакомиться с обработкой почвы в системе агротехнических мероприятий.

##### *Основные теоретические положения*

*Обработкой почвы* называется механическое воздействие на почву рабочими органами машин и орудий с целью улучшения почвенных условий жизни сельскохозяйственных культур и уничтожение сорняков. При выборе способа обработки почвы нужно учитывать почвенные и погодные условия, биологические особенности культуры, тип и степень засоренности полей, наличие сельскохозяйственной техники. Под приемом обработки почвы понимают однократное воздействие на почву почвообрабатывающими машинами и орудиями с целью выполнения одной или нескольких технологических операций.

##### Задания:

1. Изучить научные основы и приемы обработки почвы.
2. Ознакомиться с почвообрабатывающими машинами, орудиями, их рабочими органами, связанными с выполнением тех или иных приемов обработки почвы.
3. Составить характеристику приемов основной и предпосевной обработки почвы.

Прием обработки	Технологические процессы при обработке	Цели и задачи обработки	Глубина, см	Орудия

4. Выяснить значение глубины обработки почвы для растений и привести приемы создания мощного корнеобитаемого слоя основных типов почв.
5. Обосновать преимущества и недостатки вспашки, плоскорезной обработки почвы.
6. Установить основные факторы и направления минимизации обработки почвы.

**Рис. 8. Эклиметр-высотомер ЭВ-1:**

**7 - корпус; 2 - кнопочный тормоз барабана; 3 - лупа; 4**

Форма отчетности: отчет согласно требованиям, указанным выше

Задания для самостоятельной работы:

1. Влияние приемов обработки почвы на водный, воздушный, питательный и тепловой режимы почвы.

#### 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).

3. Системы земледелия Ставрополя / под ред. А.А. Жученко, В.И. Трухачев. - Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2011. - 843 с. - ISBN 978-5-9596-0769-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=138779> (04.05.2016).

#### 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. Грайфер, Д.М. "Ленивое" земледелие. Практическое руководство для садовода-любителя / Д.М. Грайфер. - Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2002. - 128 с. - ISBN 5-94087-064-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=57247> (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.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Распространение корневой системы растений в зависимости от способов обработки почвы.
2. Задачи обработки почвы.
3. Виды обработки почвы в зависимости от воздействия почвообрабатывающими машинами.

#### **Практическое занятие №2 Биологические особенности сорных растений**

Цель работы: Ознакомиться с сорными растениями

##### *Основные теоретические положения*

Сорными растениями или сорняками называют дикорастущие растения, обитающие на сельскохозяйственных угодьях и снижающие величину и качество продукции. Растения, относящиеся к культурным видам, но не возделываемые на данном поле, относятся к засорителям. Для практических целей все сорные растения на основе сходства их биологии (способ питания, продолжительность жизни, способ размножения и др.) делят на следующие группы:

- непаразитные сорняки.

В зависимости от продолжительности жизни и способа размножения их делят на малолетние и многолетние. Малолетние сорняки имеют жизненный цикл не более 2 лет, размножаются семенами, плодоносят в течение жизни один раз и отмирают после созревания семян. Многолетние сорняки произрастают на одном месте более двух лет и плодоносят многократно, размножаются семенами и вегетативными органами.

- паразитные сорняки.

Они утратили способность к фотосинтезу и питаются в течение всей вегетации с помощью специальных присосок за счет растения-хозяина.

- полупаразитные сорняки.

Они способны к фотосинтезу и в то же время часто питаются при помощи присосок за счет растения-хозяина.

Паразитные и полупаразитные сорняки в зависимости от места прикрепления к растению-хозяину делятся на корневые и стеблевые. Все они однолетние и размножаются только семенами.

- ядовитые сорняки.

Они содержат токсичные вещества и вызывающие отравление человека и животных.

Задания:

1. Изучить биологические особенности сорных растений, их классификацию, ареалы распространения и меры борьбы с ними.
2. Изучить и описать наиболее распространенные сорные растения по форме, приведенной в таблице.

Биологическая группа	Биологические особенности сорняков данной группы	Название сорняка, семейство	Морфологическая характеристика	Районы распространения, какие культуры засоряет	Меры борьбы с данной группой сорняков

3. Изучить методы определения засоренности сельскохозяйственных угодий и освоить методику картирования сорно-полевой растительности.
4. Установить различия между системами мерпорядков по борьбе с малолетними, коневидными и корнеопрыскowymi сорняками.

Форма отчетности: отчет согласно требованиям, указанным выше

Задания для самостоятельной работы:

1. Классификация сорных растений.

**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).
3. Системы земледелия Ставрополя / под ред. А.А. Жученко, В.И. Трухачев. - Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2011. - 843 с. - ISBN 978-5-9596-0769-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=138779> (04.05.2016).

**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. Грайфер, Д.М. "Ленивое" земледелие. Практическое руководство для садовода-любителя / Д.М. Грайфер. - Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2002. - 128 с. - ISBN 5-94087-064-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=57247> (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.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Агротехнические меры борьбы с сорняками.
2. Группы и виды гербицидов, условия и способы их применения.
3. Биологические меры борьбы с сорняками.

**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 капли 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:

- Охарактеризовать удобрения по следующим параметрам:
  - внешнему виду (по цвету, запаху, характеру кристаллов, гранул, порошков);
  - растворимости в воде;
  - характерным реакциям.
- 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 <sub>2</sub>	AgNO <sub>3</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> MoO <sub>7</sub> *4H <sub>2</sub> O	Дифенил-мин	

Форма отчетности: отчет согласно требованиям, указанным выше

Задания для самостоятельной работы:

- Применение удобрений и охрана окружающей среды.

#### Основная литература

- 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).
- 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).
- Системы земледелия Ставрополя / под ред. А.А. Жученко, В.И. Трухачев. - Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2011. - 843 с. - ISBN 978-5-9596-0769-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=138779> (04.05.2016).

#### Дополнительная литература

- 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 ре-

сурс]. - 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. Грайфер, Д.М. "Ленивое" земледелие. Практическое руководство для садовода-любителя / Д.М. Грайфер. - Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2002. - 128 с. - ISBN 5-94087-064-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=57247> (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. 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).

6. 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).

7. Муравин, Э. А. Агрохимия : учебник / Э. А. Муравин. - М.: КолосС, 2004. - 384 с.

8. 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>
<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
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, такс-	-	-

	ции леса и древесинове- дения		
СР	Ч31	Оборудование 10-ПК i5-2500/H67/4Gb(монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	-

## Приложение 1

### ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
<b>ОПК-1</b>	способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	<b>1. Основы земледелия</b>	<b>1.2.</b> Основные законы земледелия и их использование в производстве. Сорные растения, биологические особенности, их классификация. Цели и задачи обработки почвы при различных уровнях интенсификации земледелия. Технологические операции при обработке почвы. Адаптивно-ландшафтный характер земледелия. Системы земледелия, их составные части	Экзаменационные вопросы 1-10
		<b>2. Основы агрохимии</b>	<b>2.1.</b> Агрохимия, ее роль и значение для сельского хозяйства. Методы агрохимии. Понятие об удобрениях, их классификация. Способы и сроки внесения удобрений.	Экзаменационные вопросы 11-14
<b>ПК-3</b>	готовность реализовывать технологии выращивания посадочного материала: декоративных деревьев и кустарников, цветочных культур, газонов в открытом и закрытом грунте	<b>1. Основы земледелия</b>	<b>1.1.</b> Понятие о почве и ее плодородии. Виды плодородия разных типов почв. Гумус, его роль в плодородии и мероприятия по регулированию его содержания.	Экзаменационные вопросы 15-21
		<b>2. Основы агрохимии</b>	<b>2.2.</b> Минеральные (азотные, фосфорные, калийные) удобрения. Пути снижения потерь и повышения эффективности удобрений. Микроудобрения. Комплексные удобрения.	Экзаменационные вопросы 22-25
			<b>2.3.</b> Виды органических	Экзаменаци-



			удобрений. Их состав, свойства и применение	онные вопросы 26-29
			<b>2.4. Система удобрений.</b> Почвенно-климатические и ландшафтные условия применения удобрений. Оценка экономической эффективности применения удобрений и сертификация удобрений. Транспортировка, хранение и внесение удобрений, агроэкологические требования	Экзаменационные вопросы 30-33

## 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. Земные факторы жизни растений	1. Основы земледелия
			2. Космические факторы жизни растений	
			3. Требования растений к факторам и условиям жизни	
			4. Основные законы земледелия	
			5. Сорные растения	
			6. Биологические особенности сорняков	
			7. Обработка почвы при различных уровнях интенсификации земледелия	
			8. Технологические операции при обработке почвы	
			9. Адаптивно-ландшафтный характер земледелия	
			10. Системы земледелия, их составные части	
			11. Методы агрохимии	2. Основы агрохимии
			12. Объекты агрохимии	
			13. Классификация удобрений	
			14. Способы внесения удобрений	
2.	ПК-3	готовность реализовывать технологии выращивания посадочного материала: декоративных деревьев и кустарников, цветочных культур, газонов в открытом и закрытом грунте	15. Понятие о плодородии почвы	1. Основы земледелия
			16. Показатели плодородия почвы	
			17. Условия плодородия	
			18. Виды плодородия почвы	
			19. Методы окультуривания почвы	
			20. Гумус и его роль в плодородии	
			21. Основные генетические типы почв	2. Основы агрохимии
			22. Азотные удобрения. Пути снижения потерь и повышения эффективности азотных удобрений	
			23. Фосфорные удобрения. Пути повышения эффективности фосфорных удобрений	
			24. Промышленные и местные калийные удобрения	
			25. Микроудобрения	
26. Навоз, навозная жижа. Действие навоза на почву и растения.				

			27. Птичий помет. Торфяные компосты	
			28. Нетрадиционные органические удобрения	
			29. Зеленое удобрение	
			30. Система удобрения и уровни интенсивности технологий.	
			31. Почвенно-климатические и ландшафтные условия применения удобрений.	
			32. Сертификация минеральных удобрений	
			33. Транспортировка, хранение, внесение минеральных удобрений	

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать</b> (ОПК-1): - основные законы и системы земледелия, приемы обработки почвы; (ПК-3): - биологические особенности посадочного материала.</p> <p><b>Уметь</b> (ОПК-1): - использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности; (ПК-3): - реализовывать технологии выращивания посадочного материала: декоративных деревьев и кустарников, цветочных культур, газонов в открытом и закрытом грунте.</p> <p><b>Владеть</b> (ОПК-1): - информацией по содержанию объектов ландшафтной архитектуры; (ПК-3): - современными технологиями выращивания декоративных растений.</p>	<b>отлично</b>	Оценка «5» («отлично») выставляется обучающимся, обнаружившим всестороннее знание теоретических основ дисциплины, умение свободно выполнять практические задания, проявившим творческие способности в понимании, изложении материала
	<b>хорошо</b>	Оценка «4» («хорошо») выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по теоретическим основам дисциплины и успешно выполнившим предусмотренные программой задачи
	<b>удовлетворительно</b>	Оценка «3» («удовлетворительно») выставляется обучающимся, обладающим необходимыми знаниями, но допустившим неточности при выполнении заданий
	<b>неудовлетворительно</b>	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 Земледелие с основами агрохимии в садово-парковом хозяйстве направлена на ознакомление с системами и законами земледелия, классификацией сорных растений, их эколого-биологическими особенностями; питанием растений; минеральными и органическими удобрениями.

Изучение дисциплины Земледелие с основами агрохимии в садово-парковом хозяйстве предусматривает:

- лекции,
- практические занятия;
- самостоятельную работу;
- экзамен.

В ходе освоения раздела 1. Основы земледелия - обучающиеся должны познакомиться с основными законами земледелия, севооборотом, обработкой почвы и системами земледелия; раздела 2. Основы агрохимии - бакалавры должны познакомиться с основами питания растений и методами его регулирования, минеральными и органическими удобрениями.

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**  
Земледелие с основами агрохимии в садово-парковом хозяйстве

**1. Цель и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является: формирование представлений по научным и технологическим основам земледелия, почвоведения и агрохимии, на которых базируются технологии производства продукции растениеводства.

Задачей изучения дисциплины является: изучение законов земледелия, приемов, способов и технологий обработки почвы, методологических принципов проектирования севооборотов и реализации экологически обоснованных современных систем земледелия и путей повышения их продуктивности; свойств, способов и технологий хранения, подготовки и внесения органических и минеральных удобрений, а также химических мелиорантов при соблюдении высокого уровня экологической безопасности современных систем земледелия.

**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 – Основы земледелия
- 2 – Основы агрохимии

**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 № \_\_\_\_\_