

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

КАЗАХСКИЙ АГРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. С.СЕЙФУЛЛИНА

УТВЕРЖДАЮ  
Декан агрономического факультета  
Г.Ж.Стыбаев  
« 01 » ~~ДЕКАНАТЫ~~ 2016 г.



**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ "СИСТЕ-  
МА ОПТИМИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ**

Образовательные программы – **1. Полеводство**  
**2. Органическое земледелие**  
**3. Овощеводство защищенного грунта**  
для специальности **6М080100 - Агрономия**  
для группы специальностей **Сельскохозяйственные науки**

Астана 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

| № пп | Наименование  | примечание |
|------|---|------------|
| 1    | типовая (рабочая) учебная программа по дисциплине обязательного (элективного) компонента (ТУП, РУП);  |            |
| 2    | программа изучения дисциплины – силлабус  |            |
| 3    | карта учебно-методического обеспечения дисциплин  |            |
| 4    | график выполнения и сдачи заданий по дисциплине   |            |
| 5    | гlossарий   |            |
| 6    | материалы для аудиторной работы по дисциплине (краткий курс лекций, методические указания по выполнению лабораторных, семинарских (практических) занятий, расчетно-графических работ, мультимедийное сопровождение аудиторных занятий и другие виды раздаточных материалов по дисциплине) |            |
| 7    | методические рекомендации и указания по выполнению лабораторных или расчетно-графических работ  |            |
| 8    | материалы для самостоятельной работы студентов (методические указания по выполнению курсовых проектов (работ), рефератов, методические указания по выполнению СРС, сборники для решения практических задач и ситуаций и другие виды)  |            |
| 9    | методические рекомендации по изучению дисциплины  |            |
| 10   | материалы для контроля знаний студентов в период рубежного контроля и итоговой аттестации (тестовые задания, письменные контрольные задания или экзаменационные билеты)   |            |
| 11   | методические указания по прохождению учебной и преддипломной практики, формы отчетной документации  |            |
| 12   | перечень специализированных аудиторий, кабинетов и лабораторий  |            |

## СТРУКТУРА СИЛЛАБУСА

### 1. Данные о преподавателе:

Нурманов Ербол Толешевич – кандидат с.-х.наук, и.о. доцента кафедры почвоведения и агрохимии

### 2. Данные о дисциплине

Дисциплина «Система оптимизации минерального питания растений» является одним из компонентов модуля «Питание и защита растений» (компонент по выбору, OPSK 5303, количество кредитов - 3, цикл базовых дисциплин по специальности 6M080100 – Агрономия), в том числе лекции – 15 ч., практические – 30 ч., СРМП – 15 ч., СРМ – 75 ч.

### ТИП МОДУЛЯ:

- модули по выбору для определенной специальности – циклы дисциплин по индивидуальному профилированию, направленные на формирование профессиональных компетенций в рамках специальности;

### Примерное распределение учебного времени

| Недели семестра | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | Всего |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|-------|
| Лекции          | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 15    |
| Практические    | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 30    |
| СРМП            | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 15    |
| СРМ             | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 75    |
| Итого           | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9  | 9  | 9  | 9  | 9  | 9  | 135   |

### 3. Пререквизиты курса

биология, агрохимия, почвоведение, система применения удобрений, растениеводство, земледелие

### 4. Постреквизиты курса

дисциплины проф. деятельности

### 5. Описание курса

Цель: Дать необходимые знания об эффективных и быстродействующих средствах и способах повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур, об оптимизации применения удобрений как важнейшего условия повышения продуктивности современного земледелия.

- краткое содержание дисциплины

Оптимизация применения удобрений – важнейшее условие повышения продуктивности земледелия. Химические и биологические процессы в почве и их роль в превращении питательных веществ и повышении плодородия почвы. Оптимальные параметры показателей почвенного плодородия в условиях интенсификации земледелия. Создание оптимальных условий питания растений и его регулирование посредством внесения удобрений. Биологические особенности основных сельскохозяйственных культур и система удобрений при оптимизации их питания. Оптимизация минерального питания и качество урожая

- результаты обучения

после окончания изучения дисциплины студенты должны:

**иметь представление** об оптимальных уровнях минерального питания важнейших с/х культур;

- **знать:** оптимальные параметры плодородия различных типов почв и способы их управления, методы растительной и почвенной диагностики, химический состав растений и способы регулирования качественных показателей урожая сельскохозяйственных культур.

- **уметь:** использовать данные различных методов почвенной и растительной диагностики для оптимизации условий минерального питания растений с целью получения максимальных урожаев с/х культур с высокими качественными показателями продукции и рентабельностью их производства.

Иметь навыки разработки приемов оптимизации минерального питания;

- **быть компетентным:** в вопросах минерального питания растений большинство сельскохозяйственных культур и его оптимизации путем применения комплекса агротехнических приемов с учетом почвенно-климатических условий.

После окончания изучения дисциплины докторанты должны:

А. демонстрировать знания и понимание условий и приемов оптимизации питания различных сельскохозяйственных культур с использованием органических и минеральных удобрений.

В. применять знания, понимание в использовании результатов анализов почв и растений для расчетов доз удобрений с целью создания оптимальных уровней питания с/х культур, уметь выбрать виды, формы, сроки и способы внесения удобрений с учетом требований культуры и технологии их возделывания.

С. интегрировать знания, справляться со сложностями и выносить суждения о физиологических основах питания культур, индивидуальных требований к агрохимическим свойствам и плодородию почв, об основных свойствах почвы, определяющих формирование урожая, роли удобрений в регулировании свойств почвы, оптимизации питания культур.

Д. четко и ясно сообщать свои выводы и знания различных приемов и методов целенаправленного управления плодородием почв, обеспечивающих оптимальные условия почвенного питания и реализацию потенциальных возможностей культуры, сорта, уметь дать их обоснование.

Е. дальнейшее совершенствование знаний по вопросам оптимизации минерального питания растений.

**Ф.** Умения в области обучения приемам оптимизации питания растений.

**(кодировка дублинских дескрипторов:** А) демонстрировать системное понимание области изучения, мастерство в части умений и методов исследования, используемых в данной области; В) планировать, разрабатывать, реализовывать и корректировать комплексный процесс научных исследований; С) вносить вклад собственными оригинальными исследованиями в расширение границ научной области, которые могут заслуживать публикации на национальном или международном уровне; Д) критически анализировать, оценивать и синтезировать новые и сложные идеи; Е) сообщать свои знания и достижения коллегам, научному сообществу и широкой общественности; F) содействовать развитию общества, основанного на знаниях).

## 6. Содержание курса

### 6.1 Перечень лекционных занятий

| Наименование темы  | Объем, час | Литература                  | Неделя | Текущий контроль, балл |
|--|------------|-----------------------------|--------|------------------------|
| Отечественный и зарубежный опыт управления плодородием почв и продуктивностью культур                  | 1          | О – 1-10; Д – 1,2           | 1-2    | 50-100                 |
| Внешние условия и пищевой режим основных типов почв РК   | 2          | О – 1,7-9; Д – 4-6,10,15,16 | 3-5    | 50-100                 |
| Плодородие почв и эффективность удобрений  | 1          |                             | 6-7    | 50-100                 |
| Понятие об оптимизации минерального питания и основные методы.   | 1          | О – 1-9; Д – 1,2,6,10,15,16 | 8-9    | 50-100                 |
| Роль биотических и абиотических факторов в формировании урожая с/х культур и приемы их регулирования   | 2          | О – 1-9; Д – 4,5,7,10       | 10-12  | 50-100                 |
| Оптимизация условий минерального питания с/х культур   | 7          | О – 1-9; Д – 8,9,10,11,12   | 13-14  | 50-100                 |
| Экономическое и экологическое обоснование приемов оптимизации условий минерального питания с/х культур | 1          | О – 1,7-9; Д – 5,6,11,10,14 | 15     | 50-100                 |
| <b>ИТОГО</b>   | <b>15</b>  |                             |        |                        |

### 6.2 Перечень лабораторно-практических занятий

| Наименование темы  | Объем, час | Литература                  | Неделя | Текущий контроль, балл |
|--|------------|-----------------------------|--------|------------------------|
| Потенциальное и эффективное (реальное) плодородие почв различных регионов страны. Определение запасов элементов питания в почве  | 2          | О – 1-9; Д – 5,6,8-13,15-16 | 1      | 50-100                 |
| Агроэкологические требования сельскохозяйственных культур к условиям произрастания   | 2          | О – 1-9; Д – 5,6,8-13       | 2      | 50-100                 |
| Морфологические особенности корневой системы и питание растений. Влияние водного, температурного и пищевого режимов, рН и других условий на потребление элементов питания корневой системой растений | 2          | О – 1-9; Д – 5,6,8-13       | 3      | 50-100                 |

|   |    |                             |       |           |
|---|----|-----------------------------|-------|-----------|
| Динамика потребления элементов питания различными культурами и ее значение для применения удобрений. Влияние почвенно-климатических условий и сортовых особенностей на потребление элементов питания растениями.  | 2  | О – 1-9; Д – 5,6,8-13       | 4     | 50-100    |
| Влияние предшественников и севооборота на использование растениями элементов питания почвы и удобрений. Количество и химический состав пожнивно-корневых остатков после различных предшественников и использование элементов питания растительных остатков последующими культурами. | 2  | О – 1-9; Д – 5,6,8-13,15,16 | 5     | 50-100    |
| Оптимальное сочетание различных доз, сроков и способов внесения удобрений в зависимости от биологических особенностей растений, севооборота, почвенно-климатических условий и обеспеченности хозяйства удобрениями  | 2  | О – 1-9; Д – 5,6,8-13       | 6     | 50-100    |
| Обоснование оптимальных доз органических удобрений под различные сельскохозяйственные культуры. Распределение органических удобрений по сельскохозяйственным угодьям и полям севооборотов   | 2  | О – 1-9; Д – 5,6,8-13,15,18 | 7     | 50-100    |
| Определение баланса питательных элементов за севооборот   | 2  | О – 1-9; Д – 5,6,8-13       | 8     | 50-100    |
| Оптимизация минерального питания и качество урожая основных сельскохозяйственных культур  | 8  | О – 1-9; Д – 5,6,8-13       | 9-12  | 50-100    |
| Освоение методики определения нормативов затрат элементов питания на единицу продукции  | 2  | О – 1-9; Д – 5,6,8-13       | 13    | 50-100    |
| Освоение методики определения потребности культур в элементах питания. Расчет доз удобрений различными методами   | 4  | О – 1-9; Д – 5,6,8-13       | 14-15 | 50-100    |
| <b>ВСЕГО</b>  | 30 |                             |       | <b>15</b> |

### 7. График выполнения и сдачи заданий СРМП по дисциплине

| № | Тема занятия                        | Задания СРМ, цель и содержание  | Рекомендуемая литература | Форма контроля      | Срок сдачи | Оценочные баллы |
|---|-------------------------------------|---|--------------------------|---------------------|------------|-----------------|
| 1 | Зарубежный опыт оптимизации питания | Подготовить задание по СРМП, подготовиться к ПЗ. Изучить достижения мировой агрохимической науки в области химизации земледелия, роль ученых в развитии агрохимии | О – 1-10; Д – 1,2        | Опрос, по конспекту | 1-я неделя | 1               |

|       |  |  |                             |                     |                |           |
|-------|--|--|-----------------------------|---------------------|----------------|-----------|
| 2-3   | Казахстанские ученые в работах по оптимизации минерального питания и управления плодородием почв           | Подготовить задание по СРМП, подготовиться к ПЗ. Изучить методы определения потребности в удобрениях., факторы определяющие формирование урожайности                     | О – 1-10; Д – 1,2           | Опрос, по конспекту | 2-3-я неделя   | 2         |
| 4     | Роль удобрений в управлении плодородием почв   | Подготовить задание по СРМП, подготовиться к ПЗ. Изучить химический состав растений, вынос элементов питания   | О – 1-9; Д – 1,2,6,10,15,16 | Опрос, по конспекту | 4-я неделя     | 1         |
| 5     | Питание растений и приемы его регулирования  | Подготовить задание по СРМП, подготовиться к ПЗ. Изучить периодичность питания растений и роль удобрений в регулировании условий питания. Роста и развития растений.     | О – 1-9; Д – 4,5,7,10       | Опрос, по конспекту | 5-я неделя     | 1         |
| 6     | Влияние внешних условий на питание растений  | Подготовить задание по СРМП, подготовиться к ПЗ. Изучить зависимость питания растений от внешних условий.  | О – 1-9; Д – 4,5,7,10       | Опрос, по конспекту | 6-я неделя     | 1         |
| 7-11  | Оптимизация минерального питания зерновых, зернобобовых, крупяных, технических, масличных, овощных культур | Подготовить задание по СРМП, подготовиться к ПЗ. Изучить приемы оптимизации основных групп с/х культур, возделываемых в Казахстане.                                      | О – 1-9; Д – 8,9,10,11,12   | Опрос, по конспекту | 7-11-я неделя  | 5         |
| 12-14 | Методы определения оптимальных доз удобрений   | Подготовить задание по СРМП, подготовиться к ПЗ. Освоить основные методы определения доз удобрений.  | О – 1-9; Д – 4,5,7,10       | Опрос, по конспекту | 12-14-я неделя | 3         |
| 15    | Эколого-экономическое обоснование приемов оптимизации минерального питания с/х культур                     | Подготовить задание по СРМП, подготовиться к ПЗ. Изучить влияние удобрений на экологию почв и растений, правила расчета экономической эффективности применения удобрений | О – 1,7-9; Д – 5,6,11,10,14 | Опрос, по конспекту | 15-я неделя    | 1         |
|       | <b>Всего</b>   |  |                             |                     |                | <b>15</b> |

## 8.Список литературы

### Основная

- 1.Агрохимия (под ред. акад. В.Г. Минеева М: МГУ, Колос. 2007.
- 2.Прянишников Д.Н. Избранные сочинения// Д.Н. Прянишников.. Т.1, М. Колос, 1965.
- 3.Артюшин А.М., Дерюгин И.П., Кулюкин А.Н., Ягодин Б.А. Удобрения в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. М. Агропромиздат, 1991.
- 4.Журбицкий З.И. Агрохимические и физиологические основы применения удобрений. - М. Изд-во АН СССР, 1963.
- 5.Минеев В.Г. Химизация земледелия и природная среда. - М. Агропромиздат, 1990.
- 6 Минеев В.Г. Экологические проблемы агрохимии. – М., 1988;
- 7 Черненко в.Г. азотный режим почв Северного Казахстана и применение азотных удобрений. – Акмола. 1997
- 8 Черненко В.Г. Особенности фосфорного режима почв Северного Казахстана. – Вестник наука ААУ. – Акмола. – 1997. - №9
- 9 Черненко В.Г. Теоретические основы оптимизации условий фосфорного питания зерновых культур. – Вестник науки ААУ. – Астана. – 1998. – Т.2. - №2

### Дополнительная

- 1 Минеев В.Г. Состояние применения удобрений в мире // Агрохимия. – 2003. - №3. – С.7-16
- 2 Кененбаев С.Б., Рамазанова С.Б., Сулейменов Е.Т. Применение минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры в Республике Казахстан // Почвоведение и агрохимия – 2009. – №9. – С. 69–76
- 3 Статистический отчет РК. – А., 2009
- 4 Ильин В.Б.Элементарный химический состав растений. – Новосибирск: Наука. – 1985. – 129 с.
- 5 Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М., 1996. – С.147-197
- 6Добровольский Г.В. Охрана почв. – М., 1985. – 224 с.
- 7 основы сельского хозяйства // под ред. Ващенко И.М.. – М.. 1987. – 575 с.
8. Кидин В.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур. М.: РГАУ-МСХА, 2009, 412 с.
9. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применение удобрений в агроэкосистемах. Изд. ЦИНАО, 2000. 522 с.
10. Державин Л.М. Применение минеральных удобрений в интенсивном земледелии, М.: Колос, 1992.
11. Дерюгин И.П., Кулюкин А.Н. Агрохимические основы системы удобрения овощных и плодовых культур. М.: Агропромиздат, 1987.
12. Дерюгин И.П. Минеральное питание и удобрение плодовых и ягодных культур. М.: РГАУ-МСХА., 2006. 72 с.
13. Кидин В.В. Основы питания растений и применения удобрений. М.: РГАУ - МСХА, 2008. ч.1. 415 с.
14. Кореньков Д.А. Агроэкологические аспекты применения азотных удобрений. М.: 1999. 296 с.
15. Лыков А.М., Еськов А.И., Новиков М.Н. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья. М. 2004, 630 с.
16. Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. М.: Колос, 1993.
18. Органические удобрения в интенсивном земледелии (под ред. Минеева В.Г.) М.: Колос, 1984.



## 9. Политика курса

- не опаздывать на занятия;
- не разговаривать во время лекций;
- не пользоваться мобильными телефонами;
- не пропускать занятия без уважительной причины;
- своевременно отрабатывать пропущенные занятия;
- активно участвовать в учебном процессе;
- своевременно сдавать задания по СРС, рубежный контроль;

## 10. Информация по оценке знаний

**Текущий контроль** – работа на лабораторных (практических) занятиях, выполнение лабораторных работ, активность на практических занятиях, сдача тестовых заданий по темам лабораторных (практических) занятий, выполнение и сдача СРС.

**Промежуточный контроль** – контроль знаний студента в форме тестовых заданий, коллоквиумов. Контрольных работ и др. Промежуточный контроль проводится два раза в течение теоретического периода обучения в семестре – 7 и 15-я недели.

**Итоговый контроль** – экзамен в конце изучения теоретического курса дисциплины, в период сессии.

## 11. Политика выставления оценок

Выставление оценок основано на 100-балльной (100%) системе и предусматривает следующее распределение баллов.

### схема оценки знаний по дисциплине

|     | Виды занятий и работ студентов   | Количество баллов<br>min/ max                |
|-----|--|--|
| I   | <b>Текущий контроль:</b><br>лекция:<br>ЛПЗ:<br>СРС:                          | <b>20 / 40</b><br>50-100<br>50-100<br>50-100 |
| II  | <b>Промежуточный контроль:</b><br>рубежный контроль 1<br>рубежный контроль 2 | <b>50-100</b><br><b>50-100</b>               |
|     | <b>Итого:</b>  | <b>50-100</b>                                |
| III | <b>Итоговый контроль</b><br>экзамен  | <b>50-100</b>                                |
|     | <b>Всего</b>   | <b>50 / 100</b>                              |

### схема оценки знаний студентов на экзамене

|    | Экзаменационная оценка                     | Оценка в баллах<br>(В %) |
|----|--|--------------------------|
| 1. | текущий контроль<br>промежуточный контроль | <b>30 - 60</b>           |
| 2. | итоговый контроль                          | <b>20 - 40</b>           |
| .  | <b>Итого:</b>                              | <b>50 - 100</b>          |

| № | Оценка на экзамене    | Оценка, балл |
|---|-----------------------|--------------|
| 1 | 3 (удовлетворительно) | 20/29        |
| 2 | 4 (хорошо)            | 30/35        |
| 3 | 5 (отлично)           | 36/40        |

Окончательная оценка знаний студентов выставляется в соответствии с кредитной технологией по шкале оценки знаний студентов.

Итоговый балл по дисциплине в процентном содержании определяется по формуле:

$$И, \% = \frac{РК_1 + РК_2 + ТК_{общ.} \times 0,6 + Э. \times 0,4}{3}$$

где,

РК<sub>1</sub> – процентное содержание баллов 1 рейтинга;

РК<sub>2</sub> – процентное содержание баллов 2 рейтинга

ТК<sub>общ.</sub> – процентное содержание баллов текущего контроля;

Э – процентное содержание экзаменационного балла

### Шкала оценки знаний студентов

| Оценка по буквенной системе | Цифровой эквивалент баллов | Процентное содержание баллов | Оценка по традиционной системе |
|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| A                           | 4,0                        | 95-100                       | отлично                        |
| A-                          | 3,67                       | 90-94                        |                                |
| B+                          | 3,33                       | 85-89                        | хорошо                         |
| B                           | 3,0                        | 80-84                        |                                |
| B-                          | 2,67                       | 75-79                        |                                |
| C+                          | 2,33                       | 70-74                        | удовлетворительно              |
| C                           | 2,0                        | 65-69                        |                                |
| C-                          | 1,67                       | 60-64                        |                                |
| D+                          | 1,33                       | 55-59                        |                                |
| D                           | 1,0                        | 50-54                        | неудовлетворительно            |
| F                           | 0                          | 0-49                         |                                |

Силлабус разработан: и.о.доцентом кафедры почвоведения и агрохимии  
Е.Т.Нурмановым

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН  
КАЗАХСКИЙ АГРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ. С.СЕЙФУЛЛИНА  
Кафедра почвоведения и агрохимии

«УТВЕРЖДАЮ»  
Декан агрономического факультета  
Серекпаев Н.А.  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г

Рабочая программа  
(дисциплины «Система оптимизации минерального питания»)

элективного компонента цикла ПД  
образовательная программа – \_\_\_\_\_  
для специальности 6D080100 – Агрономия

**Всего часов 135**

**в том числе:**

Лекции \_\_\_\_\_ 15 \_\_\_\_\_  
Лабораторные \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_  
Практические (семинарские) \_\_\_\_\_ 30 \_\_\_\_\_  
СРСП \_\_\_\_\_ 15 \_\_\_\_\_  
Самостоятельная работа \_\_\_\_\_ 75 \_\_\_\_\_  
Курсовой проект (работа) \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_

**Форма контроля:**

Экзамен \_\_\_\_\_ устно \_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины составлена на основании каталога элективных дисциплин для специальности 6D080100 – Агрономия в соответствии с рабочим учебным планом специальности, утвержденным «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г.

Рассмотрена на заседании кафедры почвоведения и агрохимии «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г., протокол №\_\_\_

Заведующий кафедрой  
почвоведения и агрохимии,  
кандидат с.-х.наук, доцент

\_\_\_\_\_

Р.Х.Рамазанова

Рекомендована методической комиссией агрономического факультета «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г., протокол №\_\_\_

Председатель МК, кандидат с.-х.наук, доцент

\_\_\_\_\_

И.И.Жумагулов

## 1. Цель и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

### 1. Цель и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

#### 1.1. Цель преподавания дисциплины

Дать необходимые знания об эффективных и быстродействующих средствах и способах повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур, об оптимизации применения удобрений как важнейшего условия повышения продуктивности современного земледелия.

#### 1.2. Задачи изучения дисциплины

В задачи дисциплины входит изучение:

- оптимальных параметров плодородия различных типов почв и способов их управления,
- химического состава растений и способов регулирования величины и качества урожая сельскохозяйственных культур.

- приемов оптимизации питания различных сельскохозяйственных культур с использованием органических и минеральных удобрений.

- физиологических основ питания культур, индивидуальных требований к агрохимическим свойствам и плодородию почв, об основных свойствах почвы, определяющих формирование урожая, роли удобрений в регулировании свойств почвы, оптимизации питания культур.

- результаты обучения

после окончания изучения дисциплины студенты должны:

**иметь представление** об оптимальных уровнях минерального питания важнейших с/х культур;

- **знать:** оптимальные параметры плодородия различных типов почв и способы их управления, методы растительной и почвенной диагностики, химический состав растений и способы регулирования качественных показателей урожая сельскохозяйственных культур.

- **уметь:** использовать данные различных методов почвенной и растительной диагностики для оптимизации условий минерального питания растений с целью получения максимальных урожаев с/х культур с высокими качественными показателями продукции и рентабельностью их производства.

Иметь навыки разработки приемов оптимизации минерального питания;

- быть компетентным: в вопросах минерального питания растений большинство сельскохозяйственных культур и его оптимизации путем применения комплекса агротехнических приемов с учетом почвенно-климатических условий.

После окончания изучения дисциплины докторанты должны:

А. демонстрировать знания и понимание условий и приемов оптимизации питания различных сельскохозяйственных культур с использованием органических и минеральных удобрений.

В. применять знания, понимание в использовании результатов анализов почв и растений для расчетов доз удобрений с целью создания оптимальных уровней питания с/х культур, уметь выбрать виды, формы, сроки и способы внесения удобрений с учетом требований культур и технологии их возделывания.

С. интегрировать знания, справляться со сложностями и выносить суждения о физиологических основах питания культур, индивидуальных требований к агрохимическим свойствам и плодородию почв, об основных свойствах почвы, определяющих формирование урожая, роли удобрений в регулировании свойств почвы, оптимизации питания культур.

Д. четко и ясно сообщать свои выводы и знания различных приемов и методов целенаправленного управления плодородием почв, обеспечивающих оптимальные условия почвенного питания и реализацию потенциальных возможностей культуры, сорта, уметь дать их обоснование.

Е. дальнейшее совершенствование знаний по вопросам оптимизации минерального питания растений.

Ф. Умения в области обучения приемам оптимизации питания растений.

(кодировка дублинских дескрипторов: А) демонстрировать системное понимание области изучения, мастерство в части умений и методов исследования, используемых в данной области; В) планировать, разрабатывать, реализовывать и корректировать комплексный процесс научных исследований; С) вносить вклад собственными оригинальными исследованиями в расширение границ научной области, которые могут заслуживать публикации на национальном или международном уровне; D) критически анализировать, оценивать и синтезировать новые и сложные идеи; Е) сообщать свои знания и достижения коллегам, научному сообществу и широкой общественности; F) содействовать развитию общества, основанного на знаниях).

### 1. Распределение учебного времени

| № п/п | Название разделов  | Всего часов |     |      | Аудиторные занятия, час |    |                     |    | СРМП |    | СРМ |    |
|-------|--|-------------|-----|------|-------------------------|----|---------------------|----|------|----|-----|----|
|       |  | семестр     |     | %    | лекции                  |    | <u>практические</u> |    | 1    | 2  | 1   | 2  |
|       |  | 1           | 2   |      | 1                       | 2  | 1                   | 2  |      |    |     |    |
| 1.    | Оптимизация минерального питания в исследованиях зарубежных и отечественных ученых |             | 14  | 10,4 |                         | 1  |                     | -  |      | 3  |     | 10 |
| 2.    | Оптимизация почвенных условий  |             | 22  | 16,3 |                         | 4  |                     | 2  |      | 1  |     | 15 |
| 3.    | Питание растений и его оптимизация   |             | 56  | 41,5 |                         | 7  |                     | 22 |      | 7  |     | 20 |
| 4     | Методы определения доз удобрений   |             | 26  | 19,2 |                         | 2  |                     | 6  |      | 3  |     | 15 |
| 5     | Экономические и экологическое обоснование приемов оптимизации питания растений     |             | 17  | 12,6 |                         | 1  |                     | -  |      | 1  |     | 15 |
|       | Итого  |             | 135 | 100  |                         | 15 |                     | 30 |      | 15 |     | 75 |

### 2. Содержание дисциплины

| Наименование темы и ее содержание  | Объем в часах | № недели | Виды контроля | Основная и дополнительная литература | Технические средства обучения |
|--|---------------|----------|---------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Лекционные занятия</b>  |               |          |               |                                      |                               |
| Отечественный и зарубежный опыт управления плодородием почв и продуктивностью культур  | 1             | 1        | конспект      | О – 1-10; Д – 1,2                    | Проектор, ноутбук             |
| Внешние условия и пищевой режим основных типов почв РК   | 2             | 2-3      | конспект      | О – 1,7-9; Д – 4-6,10,15,16          | Проектор, ноутбук             |
| Плодородие почв и эффективность удобрений  | 1             | 4        | конспект      | О – 1,7-9; Д – 4-6,10,15,16          | Проектор, ноутбук             |
| Понятие об оптимизации минерального питания и основные методы.   | 1             | 5        | конспект      | О – 1-9; Д – 1,2,6,10,15,16          | Проектор, ноутбук             |
| Роль биотических и абиотических факторов в формировании урожая с/х культур и приемы их регулирования   | 2             | 6-7      | конспект      | О – 1-9; Д – 4,5,7,10                | Проектор, ноутбук             |
| <b>практические занятия</b>  |               |          |               |                                      |                               |
| Потенциальное и эффективное (реальное) плодородие почв различных регионов страны. Определение запасов элементов питания в почве  | 2             | 1        | опрос         | О – 1-9; Д – 5,6,8-13,15-16          | Проектор, ноутбук             |
| Агрэкологические требования сельскохозяйственных культур к условиям произрастания  | 2             | 2        | опрос         | О – 1-9; Д – 5,6,8-13                | Проектор, ноутбук             |
| Морфологические особенности корневой системы и питание растений. Влияние водного, температурного и пищевого режимов, рН и других условий на потребление элементов питания корневой системой растений             | 2             | 3        | опрос         | О – 1-9; Д – 5,6,8-13                | Проектор, ноутбук             |
| Динамика потребления элементов питания различными культурами и ее значение для применения удобрений. Влияние почвенно-климатических условий и сортовых особенностей на потребление элементов питания растениями. | 2             | 4        | опрос         | О – 1-9; Д – 5,6,8-13                | Проектор, ноутбук             |
| Влияние предшественников   | 2             | 5        | опрос         | О – 1-9; Д –                         | Проек-                        |

|  |   |     |                               |                             |                   |
|--|---|-----|-------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| и севооборота на использование растениями элементов питания почвы и удобрений. Количество и химический состав пожнивно-корневых остатков после различных предшественников и использование элементов питания растительных остатков последующими культурами. |   |     |                               | 5,6,8-13,15,16              | тор, ноутбук      |
| Оптимальное сочетание различных доз, сроков и способов внесения удобрений в зависимости от биологических особенностей растений, севооборота, почвенно-климатических условий и обеспеченности хозяйства удобрениями   | 2 | 6   | опрос                         | О – 1-9; Д – 5,6,8-13       | Проектор, ноутбук |
| Обоснование оптимальных доз органических удобрений под различные сельскохозяйственные культуры. Распределение органических удобрений по сельскохозяйственным угодьям и полям севооборотов  | 2 | 7   | опрос                         | О – 1-9; Д – 5,6,8-13,15,18 | Проектор, ноутбук |
| Определение баланса питательных элементов за севооборот  | 2 | 8   | опрос                         | О – 1-9; Д – 5,6,8-13       | Проектор, ноутбук |
| <b>самостоятельная работа студентов</b>  |   |     |                               |                             |                   |
| Зарубежный опыт оптимизации питания  | 1 | 1   | Реферат, презентация на выбор | О – 1-10; Д – 1,2           | -                 |
| Казахстанские ученые в работах по оптимизации минерального питания и управления плодородием почв   | 2 | 2-3 | Реферат, презентация на выбор | О – 1-10; Д – 1,2           | -                 |
| Роль удобрений в управлении плодородием почв   | 1 | 4   | Реферат, презентация на выбор | О – 1-9; Д – 1,2,6,10,15,16 | -                 |
| Питание растений и приемы его регулирования  | 1 | 5   | Реферат, презентация на выбор | О – 1-9; Д – 4,5,7,10       | -                 |
| Влияние внешних условий на питание растений  | 1 | 6   | Реферат, презентация на вы-   | О – 1-9; Д – 4,5,7,10       | -                 |



|   |   |       |                               |                             |                   |
|---|---|-------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------|
|   |   |       | бор                           |                             |                   |
| Оптимизация минерального питания зерновых, зернобобовых, крупяных, технических, масличных, овощных культур      | 2 | 7-8   | Реферат, презентация на выбор | О – 1-9; Д – 8,9,10,11,12   | -                 |
| <b>Рубежный контроль – 2</b>  |   |       |                               |                             |                   |
| <b>Лекции</b>   |   |       |                               |                             |                   |
| Оптимизация условий минерального питания с/х культур  | 7 | 8-14  | конспект                      | О – 1-9; Д – 8,9,10,11,12   | Проектор, ноутбук |
| Экономическое и экологическое обоснование приемов оптимизации условий минерального питания с/х культур          | 1 | 15    | конспект                      | О – 1,7-9; Д – 5,6,11,10,14 | Проектор, ноутбук |
| <b>практические занятия</b>   |   |       |                               |                             |                   |
| Оптимизация минерального питания и качество урожая основных сельскохозяйственных культур                        | 8 | 9-12  | опрос                         | О – 1-9; Д – 5,6,8-13       | Проектор, ноутбук |
| Освоение методики определения нормативов затрат элементов питания на единицу продукции                          | 2 | 13    | опрос                         | О – 1-9; Д – 5,6,8-13       | Проектор, ноутбук |
| Освоение методики определения потребности культур в элементах питания. Расчет доз удобрений различными методами | 4 | 14-15 | опрос                         | О – 1-9; Д – 5,6,8-13       | Проектор, ноутбук |
| <b>самостоятельная работа студентов</b>   |   |       |                               |                             |                   |
| Оптимизация минерального питания зерновых, зернобобовых, крупяных, технических, масличных, овощных культур      | 4 | 9-11  | Реферат, презентация на выбор | О – 1-9; Д – 8,9,10,11,12   | -                 |
| Методы определения оптимальных доз удобрений  | 2 | 12-14 | Реферат, презентация на выбор | О – 1-9; Д – 4,5,7,10       | -                 |
| Эколого-экономическое обоснование приемов оптимизации минерального питания с/х культур                          | 1 | 15    | Реферат, презентация на выбор | О – 1,7-9; Д – 5,6,11,10,14 | -                 |
| <b>Рубежный контроль – 2</b>  |   |       |                               |                             |                   |
| <b>Итоговый контроль</b>  |   |       |                               |                             |                   |

#### 4. Учебно-методическое содержание дисциплины.

##### 4.1. Перечень основной и дополнительной литературы.

###### Основная

1.Агрохимия (под ред. акад. В.Г. Минеева М: МГУ, Колос. 2007.

2.Прянишников Д.Н. Избранные сочинения// Д.Н. Прянишников.. Т.1, М. Колос, 1965.

3.Артюшин А.М., Дерюгин И.П., Кулюкин А.Н., Ягодин Б.А. Удобрения в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. М. Агропромиздат, 1991.

4.Журбицкий З.И. Агрохимические и физиологические основы применения удобрений. - М. Изд-во АН СССР, 1963.

5.Минеев В.Г. Химизация земледелия и природная среда. - М. Агропромиздат, 1990.

6 Минеев В.Г. Экологические проблемы агрохимии. – М., 1988;

7 Черненко в.Г. азотный режим почв Северного Казахстана и применение азотных удобрений. – Акмола. 1997

8 Черненко В.Г. Особенности фосфорного режима почв Северного Казахстана. – Вестник наука ААУ. – Акмола. – 1997. - №9

9 Черненко В.Г. Теоретические основы оптимизации условий фосфорного питания зерновых культур. – Вестник науки ААУ. – Астана. – 1998. – Т.2. - №2

#### **Дополнительная**

1 Минеев В.Г. Состояние применения удобрений в мире // Агрохимия. – 2003. - №3. – С.7-16

2 Кененбаев С.Б., Рамазанова С.Б., Сулейменов Е.Т. Применение минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры в Республике Казахстан // Почвоведение и агрохимия – 2009. – №9. – С. 69–76

3 Статистический отчет РК. – А., 2009

4 Ильин В.Б.Элементарный химический состав растений. – Новосибирск: Наука. – 1985. – 129 с.

5 Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М., 1996. – С.147-197

6Добровольский Г.В. Охрана почв. – М., 1985. – 224 с.

7 основы сельского хозяйства // под ред. Вашенко И.М.. – М.. 1987. – 575 с.

8. Кидин В.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур. М.: РГАУ-МСХА, 2009, 412 с.

9. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применение удобрений в агроэкосистемах. Изд. ЦИНАО, 2000. 522 с.

10. Державин Л.М. Применение минеральных удобрений в интенсивном земледелии, М.: Колос, 1992.

11. Дерюгин И.П., Кулюкин А.Н. Агрохимические основы системы удобрения овощных и плодовых культур. М.: Агропромиздат, 1987.

12. Дерюгин И.П. Минеральное питание и удобрение плодовых и ягодных культур. М.: РГАУ-МСХА., 2006. 72 с.

13. Кидин В.В. Основы питания растений и применения удобрений. М.: РГАУ - МСХА, 2008. ч.1. 415 с.

14. Кореньков Д.А. Агрэкологические аспекты применения азотных удобрений. М.: 1999. 296 с.

15. Лыков А.М., Еськов А.И., Новиков М.Н. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья. М. 2004, 630 с.

16. Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. М.: Колос, 1993.

18. Органические удобрения в интенсивном земледелии (под ред. Минеева В.Г.) М.: Колос, 1984.

4.2. Перечень основных форм и методов обучения и контроля учебных достижений.

- лекции в виде презентаций в режиме Power Point;

- практические и семинарские занятия в традиционной форме и интерактивном режиме;

- самостоятельная работа обучающегося в виде подготовки рефератов, презентаций, эссе и др.
- контроль учебных достижений: рубежный контроль – контрольные работы, опрос, экзамен - устно

#### 4.3. Перечень методических указаний и технических средств обучения.

- раздаточный материал, справочная литература
- проектор, системный блок, ноутбук

### 5. Рейтинговая система контроля знаний студентов.

#### схема оценки знаний по дисциплине

|     | Виды занятий и работ студентов  | Количество баллов<br>min/ max                            |
|-----|---|--|
| I   | Текущий контроль:<br>лекция:<br>ЛПЗ:<br>СРС:                          | 20 / 40<br>5/10 (1×10)<br>7,5/15 (1×15)<br>7,5/15 (1×15) |
| II  | Промежуточный контроль:<br>рубежный контроль 1<br>рубежный контроль 2 | 5/10<br>5/10   |
|     | <b>Итого:</b>   | <b>10 / 20</b>   |
| III | Итоговый контроль<br>экзамен  | 20 / 40  |
|     | <b>Всего</b>  | <b>50 / 100</b>  |

#### схема оценки знаний студентов на экзамене

|    | Экзаменационная оценка                     | Оценка в баллах<br>(В %) |
|----|--|--------------------------|
| 1. | текущий контроль<br>промежуточный контроль | 30 - 60                  |
| 2. | итоговый контроль                          | 20 - 40                  |
| .  | Итого:                                     | 50 - 100                 |

| № | Оценка на экзамене    | Оценка, балл |
|---|-----------------------|--------------|
| 1 | 3 (удовлетворительно) | 20/29        |
| 2 | 4 (хорошо)            | 30/35        |
| 3 | 5 (отлично)           | 36/40        |

Окончательная оценка знаний студентов выставляется в соответствии с кредитной технологией по шкале оценки знаний студентов.

Итоговый балл по дисциплине в процентном содержании определяется по формуле:

$$И, \% = \frac{РК_1 + РК_2 + ТК_{общ.} \times 0,6}{3} + Э. \times 0,4$$

где,

РК<sub>1</sub> – процентное содержание баллов 1 рейтинга;

РК<sub>2</sub> – процентное содержание баллов 2 рейтинга

ТК<sub>общ.</sub> – процентное содержание баллов текущего контроля;

Э – процентное содержание экзаменационного балла

#### Шкала оценки знаний студентов

| Оценка по<br>буквенной | Цифровой<br>эквивалент | Процентное со-<br>держание | Оценка по традиционной сис-<br>теме |
|------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
|------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------------------|

| <b>системе</b> | <b>баллов</b> | <b>баллов</b> |                     |
|----------------|---------------|---------------|---------------------|
| A              | 4,0           | 95-100        | отлично             |
| A-             | 3,67          | 90-94         |                     |
| B+             | 3,33          | 85-89         | хорошо              |
| B              | 3,0           | 80-84         |                     |
| B-             | 2,67          | 75-79         |                     |
| C+             | 2,33          | 70-74         | удовлетворительно   |
| C              | 2,0           | 65-69         |                     |
| C-             | 1,67          | 60-64         |                     |
| D+             | 1,33          | 55-59         |                     |
| D              | 1,0           | 50-54         |                     |
| F              | 0             | 0-49          | неудовлетворительно |

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Название модуля и шифр         | Модуль №11 «Питание растений и удобрения»   |
| Ответственный за модуль        | Кафедра почвоведения и агрохимии  |
| Тип модуля                     | Модуль по выбору для определенной специальности   |
| Уровень модуля                 | Магистратура  |
| Кол-во часов в неделю          | 3   |
| Количество кредитов            | 3   |
| Форма обучения                 | Очная   |
| Семестр                        | 3   |
| Количество обучающихся         | 10  |
| Пререквизиты модуля            | физиология растений, биохимия растений, почвоведение, растениеводство, земледелие, агрохимия  |
| Содержание модуля              | <p><b>Система оптимизации минерального питания.</b> Индивидуальные требования к агрохимическим свойствам и плодородию почв, основные свойства почвы определяющие формирование урожая, роль удобрений в регулировании свойств почвы, оптимизации питания культур. Оптимизации основных показателей плодородия почв в условиях интенсификации земледелия. Создание оптимальных условий питания растений и его регулирование путем применения различных видов удобрений.-Экономическая, энергетическая и экологическая оценка оптимальных уровней минерального питания.</p> <p><b>Удобрения в орошаемом земледелии.</b> Свойства и особенности орошаемых почв. Содержание и доступность различных форм элементов питания в зависимости от условий увлажнения. Сроки, способы и технология внесения различных удобрений при орошении. Мероприятия по предотвращению потерь элементов питания из почвы. Баланс элементов питания в почве в зависимости от применяемых систем удобрений и их экономическое обоснование.</p> |
| Результаты обучения            | <p>выбор видов и форм удобрений, сроки, способы и технология их внесения с учетом требований культур и технологии их возделывания. Определение доз удобрений с учетом требования культур и уровня плодородия почв, обеспечивающих оптимизацию питания и реализацию их потенциальных возможностей.</p> <p>- знание специфики почвенных процессов в условиях орошения, содержание и доступность различных форм элементов питания в зависимости от условий увлажнения. умение определить сроки, способы и технология внесения различных удобрений в условиях орошения, разработки мероприятий по предотвращению потерь элементов питания из почвы.</p>   |
| Форма итогового контроля       | Экзамен устно   |
| Условия для получения кредитов | Своевременная сдача СРМ, рубежного контроля, получение не менее 30 баллов в течение учебного семестра. Сдача экзамена – максимально 40 баллов, минимально – 20 баллов.  |
| Продолжительность модуля       | 1 семестр   |
| Литература                     | <b>основная</b>   |

|                 |   |
|-----------------|---|
|                 | <p>Минеев В.Г. Агрохимия - М.. 2004.<br/> Кидин В.В. Основы питания растений и применения удобрений. М.: РГАУ - МСХА, ч.1. 2008.</p> <p><b>дополнительная</b></p> <p>Ермохин Ю.И. Анализ почв и растений и применение удобрений в Западно-Сибири Омск, 2002г.<br/> Горискова М.А. Оперативная диагностика минерального питания с/х культур. М., 2000г.<br/> Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применение удобрений в агроэкосистемах. М., 2000. 522 с.<br/> Церлинг В.В. Диагностика питания с/х культур М., 1990г.<br/> Ж. Агрохимический вестник, Агрохимия 2001-2012гг.<br/> Умбетов А.К, Салыкова А.С. Методы анализов в почвоведении и агрохимии. Алматы, 2009г.<br/> Мосолов И.В. Физиологические основы применения минеральных удобрений. – М., 1968<br/> Панников В.Д., Минеев В.Г. Почва, климат, удобрение и урожай. - М, 1977<br/> Параметры плодородия основных типов почв. – М., 1989<br/> Петербургский А.В. Корневое питание растений. – М., 1964<br/> 10 Толстоусов В.П. Удобрения и качество урожая. – М., 1974<br/> 11 Физиология сельскохозяйственных растений в двенадцати томах (под ред. Рубина Б.А.). – М., 1970. Т. 4-6.</p> |
| Дата обновления | 2014 г.   |

**Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан  
Казахский агротехнический университет им.С.Сейфуллина  
Кафедра почвоведения и агрохимии**

**Краткий курс лекций по дисциплине «Система оптимизации минерального пита-  
ния растений»  
для студентов 1 курса специальности 6М080100 - Агрономия**

**Астана – 2013**

ОПТИМИЗАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ, процесс подбора наилучшего сочетания норм различных элементов минерального питания растений; физиолого-математическое научное направление в агрохимии. Решается с помощью математического моделирования путем расчета экстремальной точки на кривой отклика. Существуют различные методы О. м. п. Метод Мичерлиха — первая попытка решения вопроса О. м. п., основанная на Законе эффективности факторов роста, сформулированном нем. ученым агрохимиком и физиологом Э. А. Мичерлихом (1874—1956). Согласно этому методу, прибавка урожая от фактора (удобрения) пропорциональна разности между возможным максимальным и действительно полученным урожаем. Метод систематических вариантов основан на использовании систем координат Шрайнемахера. При его применении оси координат строятся под углом 60°. При изучении трех элементов питания (например, NPK) оси образуют равнобедренный треугольник (т. н. триангулярную диаграмму, оси которой градуируются в процентах). Этот метод, имеющий 66 вариантов, использован О. Шрейнером и И. Скиннером. Упрощенный М.Омесом до 12 вариантов метод применяется школой Д. Б. Вахмистрова. По этому методу оптимальные нормы элементов питания определяются по триангулярной диаграмме, для чего в принятом масштабе на каждой оси (стороне треугольника) перпендикулярами отмечаются результаты испытаний. Из всех точек перемещения перпендикуляра, соответствующего наилучшему результату, проводят прямые в противоположный угол треугольника. По точке пересечения этих прямых находят оптимальные нормы указанных элементов. Комплексный метод оптимизации питания, разработанный Г.Я.Ринькисом, состоит в том, что оптимальная концентрация каждого элемента определяется в инертном субстрате, а потом с учетом возможного поглощения почвой и содержания в ней данного элемента рассчитывается их необходимое количество. Интеграционный биологический метод, разработанный А. Д. Хоменко, позволяет определять: состояние растений; максимальную продуктивность виноградника при оптимальном содержании 13 незаменимых элементов питания в почве (субстрате) в сочетании с оптимизацией др. внешних факторов (влаги, температура и т. д.); количество необходимых питательных элементов для устранения их дефицита в питательной среде; оптимальную и предельно допустимую концентрацию этих элементов в растениях и в почве; биологические особенности сортов и механизмы поглощения элементов питания растениями; источники поступления элементов. В методе удачно использован системный подход. Метод комплексной диагностики, разработанный В. Ф. Севериным, позволяет оптимизировать питание растений при избытке в почве азота и недостатке фосфора в первые годы посадки виноградника. При этом методе, кроме анализов почвы и растений, учитывается появление почковых новообразований, т.н. коллатеральных комплексов и вторичных побегов. Метод О. м. п. по неспецифическим физиологическим показателям, разработанный С.М.Ивановым, позволяет по реакции растения определять недостаток какого-либо элемента питания. Недостаток любого элемента питания задерживает синтез белковых веществ, в результате чего в органах куста накапливается неиспользованный аммиачный азот. Анализ органов на содержание аммиачного азота используется как показатель для О. м. п.

## Лекция №1

### Состояние химизации земледелия в Казахстане

#### Вопросы:

- 1. Значение удобрений в повышении урожайности культур и улучшении качества, сохранении плодородия почв**
- 2. Состояние производства и применения удобрений в мире**
- 3. Состояние производства и применения удобрений в Республике Казахстан**

#### **1. Значение удобрений в повышении урожайности культур и улучшении качества, сохранении плодородия почв**

Опытом мирового земледелия доказано, что удобрениям как минеральным, так и органическим, принадлежит ведущая роль в повышении урожая с/х культур и улучшении его качества, повышения плодородия почв.

Американские ученые в системе мер по повышению урожаев наибольший удельный вес отводят удобрениям – 41%, гербицидам – 13–20%, благоприятным погодным условиям – 15%, гибридным семенам – 8%, ирригации – 5%, прочим факторам – 11–18%. Немецкие ученые 50% прироста урожая относят за счет удобрений, а французские – до 70%.

Известно, что основная задача АПК республики – обеспечение продовольственной безопасности страны, т. е. обеспечение страны продовольственным и с/х сырьем. Решение этой задачи возможно лишь на основе дальнейшего роста урожайности, повышения продуктивности каждого гектара земли. Однако необходимо учитывать, что урожай возраста-



ет в прямой зависимости от увеличения норм удобрений до определенного уровня, при котором достигается наибольшая оплата единицы удобрения получаемой продукцией.

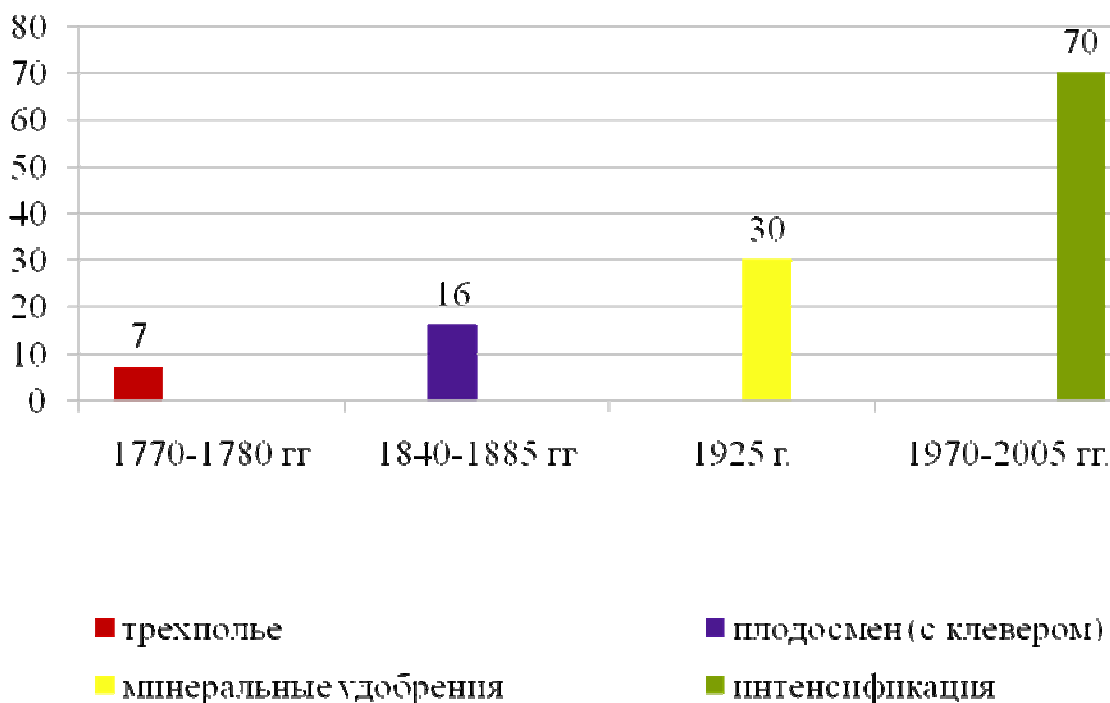
Удобрения положительно влияют и на качество урожая. Так, азотные удобрения улучшают качество зерна пшеницы, внесение натриевой селитры способствует повышению содержания сахара в корнеплодах сахарной свёклы и тд., фосфорные удобрения способствуют повышению содержания жира в семенах масличных культур.

Значение органических удобрений известно с давних пор, о чем свидетельствует многовековая практика их применения. Помимо того, что они являются источником элементов питания (внесение навоза 20–30 т/га дает прибавку урожая картофеля 60–70 ц, корнеплодов до 150 ц, силосных культур до 150–200 ц/га), они также способствуют повышению плодородия почв, улучшению микробиологических процессов в почве, обладают длительным последствием – 4–5 лет.

## 2. Состояние производства и применения удобрений в мире

Удобрения являются одним из главных факторов воздействия на продуктивность сельскохозяйственных культур. На основе анализа развития земледелия в странах Западной Европы основоположник агрохимии Д.Н.Прянишников показал, что в период средневекового трехполья (пар, озимое, яровое) в течение длительного времени (1770–1780 гг.) урожайность зерновых в этих странах находилась на уровне 7 ц/га.

Переход от зернового трехполья к плодосмену с культурой клевера и корнеплодов (пропашное, яровое, клевер, озимое) в 1840–1885 гг. привел к удвоению урожаев, которые поднялись до 13–17 ц/га. Повышение урожаев до 30 ц/га против исходного уровня (7 ц/га) пришлось на 1885–1925 годы и произошло оно под влиянием введения минеральных удобрений на фоне клевера.



### Динамика урожайности зерновых в зависимости от удобрений

Новый качественный скачок в производстве зерновых культур в Западной Европе произошел в конце 70–х годов прошлого века за счет интенсификации земледелия. Высо-

кая эффективность земледелия по всем показателям достигалась за счет использования высокопродуктивных сортов, распространения новых наукоёмких агротехнологий, включающих точное и своевременное проведение технологических операций, усовершенствованные системы защиты растений от вредных организмов и эффективного использования удобрений.

Производство минеральных удобрений в настоящее время является одним из наиболее развивающихся в мире. Начиная с 1950 года, объемы производимых в мире удобрений увеличились почти в 10 раз и достигли к началу нового века 148,8 млн. т.д.в., треть из которых приходится на Китай (20,5%) и Индию (9,4%), около 15% – на США, 8,1% удобрений производит Канада, 7,5% – Россия.

В ассортименте производимых в мире удобрений свыше 60% приходится на азотные, из которых 46% – на долю мочевины. При этом на первое место в мире по производству азотных удобрений вышел Китай, который ежегодно вырабатывает 23,4 млн.т д.в., или 27,8% от общемирового производства азотных удобрений.

Крупнейшими в мире производителями фосфорных удобрений являются США, Китай, Индия, Россия и Казахстан, на долю которых приходится около 75% мировой добычи фосфатов. Две трети производимых в настоящее время фосфорных удобрений входит в состав комплексных, включающих азот, фосфор и калий. Это в основном аммофос, диаммофос, нитроаммофос, нитроаммофоска. Производство простого и двойного суперфосфатов составляет около трети объема выпускаемых фосфорных удобрений. Производство калийных удобрений на 95% представлено хлористым калием.

### Производство минеральных удобрений в мире

| Страна             | Произведено всего,<br>млн.т д.в. | в том числе |                               |                  |
|--------------------|----------------------------------|-------------|-------------------------------|------------------|
|                    |                                  | N           | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| В мире             | 148,8                            | 90,8        | 32,6                          | 25,4             |
| Китай              | 30,5                             | 23,4        | 6,4                           | 0,8              |
| США                | 22,0                             | 12,7        | 8,5                           | 0,9              |
| Индия              | 14,0                             | 10,8        | 3,2                           | -                |
| Канада             | 12,5                             | 4,0         | 0,3                           | 8,2              |
| Россия             | 11,7                             | 5,1         | 2,0                           | 4,0              |
| Казахстан (2007 г) | 0,06                             | 0,05        | 0,01                          | -                |

Систематический рост производства и потребления минеральных удобрений в мире стал основой небывалого роста урожайности сельскохозяйственных культур и позволил обеспечить западноевропейским странам к началу нового века перейти рубеж урожайности зерновых культур 60–70 ц/га, а среднемировая урожайность зерновых в этот период достигла 30 ц/га.

Наряду со странами Западной Европы и США, традиционно занимающими лидирующие позиции по объемам применения минеральных удобрений, быстрыми темпами растет их потребление в азиатских странах. В Китае начиная с 1980 года использование удобрений увеличилось в 2,4 раза и достигло к началу нового века 36,7 млн. т.д.в., что со-

ставляет пятую часть всех применяемых в мире (141,3) удобрений. Индия за этот период увеличила потребление удобрений в 3,3, Таиланд в 6,6, а Вьетнам в 12,5 раз. По интенсивности использования минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры лидирует Малайзия, где на гектар пашни вносится 836 кг д.в., 768 кг/га применяет Коста-Рика, 651 кг/га – Ирландия, 520 – Нидерланды и 513 – Корея.

### **3. Состояние производства и применения удобрений в Республике Казахстан**

В стратегии развития Республики Казахстан до 2030 года четко определены задачи по обеспечению устойчивого развития аграрного сектора экономики и продовольственной безопасности страны, где особое внимание уделено рациональному использованию и разумному управлению природными ресурсами.

В этой связи повышение эффективности производства продукции растениеводства на основе рационального использования земельных ресурсов, повышения и сохранения плодородия пахотных земель является одной из приоритетных проблем отечественного земледелия, в решении которой важная роль отводится применению удобрений.

Повышение эффективности производства продукции растениеводства на основе рационального использования земельных ресурсов, повышения и сохранения плодородия пахотных земель является одной из приоритетных проблем отечественного земледелия, в решении которой важная роль отводится удобрениям.

В настоящее время в Казахстане основными производителями минеральных удобрений являются ТОО «КазФосфат», производящее фосфорные удобрения на двух заводах – в южном и северном регионах с общей мощностью 450 тыс.тонн; ТОО «КазАзот» с ежегодным выпуском азотных удобрений 120 тыс.тонн. Производство калийных удобрений отсутствует, и они в полном объеме импортируются.

На пике химизации земледелия, который пришелся на середину 80-х годов XX века, общий объем применяемых в Казахстане удобрений увеличился со 170,4 тыс.т д.в. в 1965 г. до 1039 тыс.т в 1986 г., количество удобрений, внесенных на гектар пашни возросло с 3,6 до 29 кг NPK, а удобренная площадь пашни составила 47% от общей площади, при 6,6% в 1965 г.

Увеличение объемов применения удобрений за этот период способствовало существенному улучшению обеспеченности пахотных земель республики основными элементами питания.



|                      |         |         |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|---------|---------|------|------|------|------|------|------|
| Пашня                | 35505,3 | низкий  | 72,8 | 68,8 | 44,5 | 2,2  | 4,1  | 1,9  |
|                      |         | средний | 24,5 | 26,4 | 40,5 | 7,3  | 8,8  | 6,4  |
|                      |         | высокий | 3,2  | 4,8  | 15,0 | 90,7 | 87,1 | 91,7 |
| Орошае-<br>мая пашня | 1856,0  | низкий  | -    | 58,9 | 28,6 | -    | 9,8  | 8,6  |
|                      |         | средний | -    | 23,4 | 30,9 | -    | 19,9 | 21,3 |
|                      |         | высокий | -    | 17,7 | 40,5 | -    | 70,3 | 70,1 |

С ростом объёмов применения удобрений в республике за период с 1965 по 1986 годы улучшилась обеспеченность пашни подвижным фосфором, что положительно сказалось на урожайности с/х культур.

#### Динамика урожайности основных сельскохозяйственных культур в Республике Казахстан (1961–1995 гг.)

| Культура         | Годы      |       |           |           |
|------------------|-----------|-------|-----------|-----------|
|                  | 1961–1965 | 1986  | 1986–1990 | 1991–1995 |
| Пшеница          | 5,7       | 10,6  | 9,2       | 7,6       |
| Кукуруза (зерно) | 20,8      | 42,5  | 38,8      | 24,6      |
| Рис              | 19,1      | 45,5  | 45,1      | 32,8      |
| Сахарная свёкла  | 236,0     | 279,0 | 288,0     | 115,0     |
| Хлопчатник       | 17,9      | 25,9  | 25,8      | 20,1      |
| Подсолнечник     | -         | 8,7   | 9,9       | 3,6       |
| Картофель        | 75,0      | 112,0 | 106,2     | 95,0      |
| Овощи            | 66,1      | 170,0 | 164,6     | 109,0     |

В годы с наибольшей интенсивностью применения удобрений (1986–1990 гг.) урожайность яровой пшеницы по сравнению с начальным периодом химизации (1961–1965 гг.) возросла с 6,1 до 10,1 ц/га, риса с 19,1 до 45,1 ц/га, кукурузы с 20,8 до 38,8 ц/га, сахарной свёклы с 235,8 до 288,0 ц/га, хлопчатника с 17,9 до 25,8 ц/га, картофеля с 75,0 до 106,2 и овощей с 66,1 до 170,0 ц/га.

Однако, начиная с 1987 года, началось неуклонное снижение объёмов применяемых удобрений, продолжавшееся вплоть до 2000 года. Общее количество использованных в сельском хозяйстве удобрений уменьшилось за этот период с 1039 тыс. тонн д.в. в 1986 г. до 10,7 тыс. тонн в 2000 г., интенсивность их применения снизилась с 29,0 до 0,8 кг/га NPK, площадь пашни, удобренной минеральными удобрениями сократилась с 16557,9 тыс. га до 98,3 тыс.га (0,3%).

Резкое снижение уровня применяемых удобрений привело к падению урожайности сельскохозяйственных культур на 8,8–52,1%.

#### Динамика урожайности основных сельскохозяйственных культур в Республике Казахстан 1996–2007 гг.

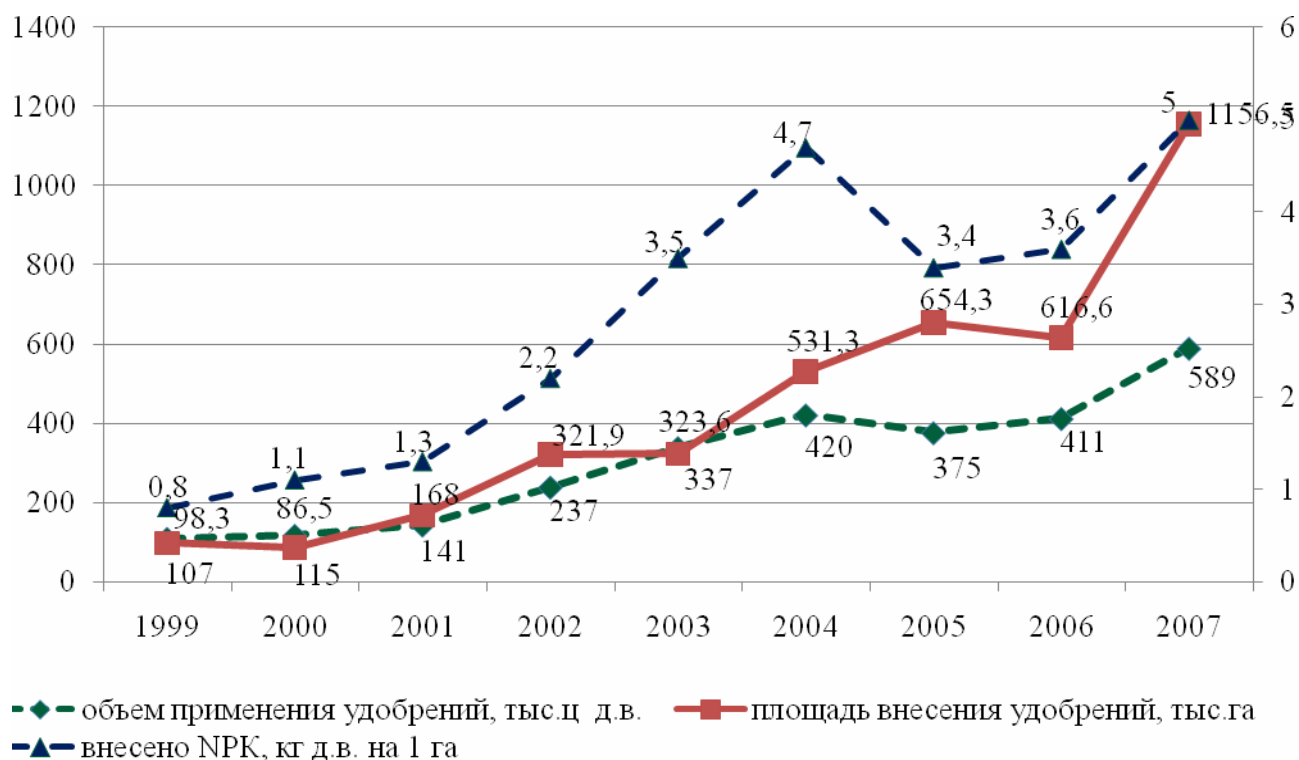
| Культура | Годы      |           |      |      |
|----------|-----------|-----------|------|------|
|          | 1996–2000 | 2001–2005 | 2006 | 2007 |
|          |           |           |      |      |

|                  |       |       |       |       |
|------------------|-------|-------|-------|-------|
| Пшеница          | 8,4   | 10,2  | 11,3  | 13,0  |
| Кукуруза (зерно) | 24,6  | 41,6  | 46,3  | 45,8  |
| Рис              | 29,3  | 31,7  | 33,0  | 33,6  |
| Сахарная свёкла  | 138,0 | 199,2 | 240,8 | 248,9 |
| Хлопчатник       | 17,4  | 21,8  | 22,2  | 22,1  |
| Подсолнечник     | 3,6   | 6,2   | 5,9   | 5,9   |
| Картофель        | 92,6  | 139,0 | 153,0 | 155,8 |
| Овощи            | 119,6 | 179,4 | 191,1 | 200,3 |

Исследованиями ученых-агрохимиков республики, проведенных на орошаемых светло-каштановых почвах установлено, что длительное возделывание сельскохозяйственных культур без применения удобрений приводит к истощению почв, снижению плодородия, ухудшению обеспеченности почв доступными для растений элементами питания. Систематическое научно-обоснованное применение удобрений позволяет поддерживать основные агрохимические показатели почв на оптимальном уровне и получать на этой основе стабильные урожаи качественной продукции растениеводства.

В целом по республике в последние годы, начиная с 2001 г. наметилась устойчивая тенденция роста интенсификации земледелия.

Общий объём использованных в сельском хозяйстве удобрений составил в 2007 году 589 тыс. ц в пересчете на 100% действующее вещество, то есть увеличился по сравнению с 2000 годом в 6,8 раз. Из общего количества использованных в 2007 г. удобрений 63,7% приходилось на долю азотных, 34,8% на долю фосфорных и 1,5% на долю калийных, соотношение N:P:K в применяемых удобрениях составило 1,0:0,56:0,02. Наибольшее количество удобрений 547,6 тыс. ц, или 93,7% было внесено под зерновые культуры, в том числе 334,5 тыс. ц под пшеницу, 22,8 тыс. ц или 3,9% общего объёма использованных удобрений было внесено под технические и 1,8% – под картофель и овощи. Удобрённая сельскохозяйственными предприятиями республики зона пашни в 2007 г. по сравнению с 2000 годом увеличилась почти в 10 раз, уровень удобренности пахотных земель составил 5 кг NPK на гектар посевной площади. На гектар посевов пшеницы сельскохозяйственными предприятиями в 2007 г. было внесено 4,0 кг NPK, под хлопчатник – 51,4, картофель – 77,8, сахарную свёклу – 94,9, овощи – 97,0, кукурузу – 98,7 и рис – 345 кг, тогда как в среднем за период 1996-2000 гг. было использовано значительно меньше – под пшеницу всего 0,4 кг/га NPK, под хлопчатник 50,9, картофель 14,2, сахарную свёклу 51,6, овощи 48,0, кукурузу 30,8, рис 127,6 кг, что положительно сказалось на росте урожайности сельскохозяйственных культур.



#### Динамика применения минеральных удобрений в РК (1999–2007 гг.)

Для достижения высокой продуктивности и устойчивости земледелия практика использования удобрений в Республике Казахстан должна основываться на концепции создания и поддержания оптимального уровня содержания элементов питания в почве, в особенности азота и фосфора. Ведь по результатам агрохимического обследования, проведенного в последние годы, около 95% пахотных земель республики нуждаются в применении азотных и более половины их в фосфорных удобрениях (таблица 5).

#### Посевная площадь (тыс. га) и расчетная потребность сельского хозяйства Казахстана в минеральных удобрениях (тыс. т д.в.)

| Минеральные удобрения и посевная площадь | Годы    |         |         |         |         |         |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|  | 2009    | 2010    | 2011    | 2012    | 2013    | 2014    |
| Азотные                                  | 378,5   | 384,8   | 390,3   | 397,5   | 403,8   | 410,1   |
| Фосфорные                                | 584,6   | 594,1   | 602,6   | 613,4   | 623,8   | 633,7   |
| Калийные                                 | 14,9    | 15,2    | 15,4    | 15,5    | 15,7    | 15,8    |
| Всего NPK                                | 978,0   | 994,1   | 1008,3  | 1026,4  | 1043,3  | 1059,7  |
| Посевная площадь                         | 20300,0 | 20600,0 | 20900,0 | 21300,0 | 21600,0 | 22000,0 |

В ближайшие пять лет в республике планируется увеличение ежегодного объема и производства минеральных удобрений до 2,2 млн. тонн в физическом весе и реализация их на внутреннем рынке страны будет осуществляться по субсидируемым ценам.

В этих условиях применение рациональных доз азотных и фосфорных удобрений под сельскохозяйственные культуры наиболее существенный резерв повышения урожайности сельскохозяйственных культур и улучшения качества продукции растениеводства.

**Контрольные вопросы:**

1. Раскройте роль удобрений в повышении урожая культур и плодородия почв
2. Каково состояние применения минеральных удобрений в Казахстане сегодня.
3. С чем связано снижение уровня применяемых удобрений в республике?
4. Перспектива развития химизации в РК?

**Лекция №2****Сельское хозяйство как фактор воздействия на окружающую среду****Лекция №3****Биогеохимическое и агроэкологическое районирование культурных растений как основа для развития экологической агрохимии****Лекция №4****АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЙ**

**Строение почвенного профиля.** При оценке почвенных условий важно учитывать свойства не только гумусовых горизонтов, но и всего почвенного профиля до материнской породы. При этом необходимо принимать во внимание мощность мелкозёмистой толщи, гумусовой части профиля, пахотного слоя; расположение и свойства различных горизонтов, особенно уплотнённых, переувлажнённых, солонцеватых, засоленных; наличие прослоек, связанных с изменением литологии пород; развитие плужной подошвы и т.д.

В практике земледелия хорошо известна особая роль мощности гумусового слоя в формировании урожая, поэтому при картографировании почв Нечерноземной зоны принято составлять картограммы мощности этого слоя, позволяющие правильно выбирать глубину обработки почв и тактику их окультуривания.

На черноземных почвах с изогумусовым профилем оценка корнеобитаемого слоя проводится с точки зрения более полного использования мощных гумусовых горизонтов, как, например, на кубанских черноземах с двухметровым гумусовым профилем, где путем подбора культур с глубоко проникающими корневыми системами возможно использование запасов влаги и минеральных элементов из слоя почвы 0—300 см [50]. Нередко на глубине второго-третьего метра черноземных и темно-каштановых почв, особенно при использовании их в зернопаровых севооборотах с большой долей пара или при орошении, отмечаются значительные скопления нитратов — до 200-300 кг азота на 1 га и более. Для утилизации этих запасов необходимо использование соответствующих культур, особенно многолетних трав. При оценке азотного режима полевых культур целесообразно учитывать запасы минерального азота в слое его потребления.

Наиболее неблагоприятная ситуация складывается в почвах с близким расположением плотных пород, в которых развитие корневых систем невозможно (известняков, мергелей, песчаников, гранитов, глинистых сланцев и других каменистых пород, а также третичных глин с высокой плотностью).

Неблагоприятное влияние плотных пород при недостаточном увлажнении выражается в дефиците влаги, а в гумидных условиях при отсутствии естественного оттока избыточных вод оно проявляется в виде переувлажнённости профиля. Степень его проявления зависят от условий стока и фильтрации. Известняки, мергель, трещиноватые граниты, четвертичные галечники водопроницаемы. Глинистые сланцы, третичные глины, песчаники, изверженные породы неводопроницаемы.

Мощность корнеобитаемого слоя оценивают с учетом *климатических*, геоморфологических и петрографических характеристик, а также с учетом требований растений. Одни растения способны произрастать на мелких каменистых почвах (сосна, лиственница, кедр,



пихта кавказская, можжевельники, береза бородавчатая дикая яблоня, клен полевой, кизил, бересклет бородавчатый и др.), а другие их не переносят.

На почвах с профилем главная задача - преодоление барьерной роли иллювиальных горизонтов. Чем сильнее выражено иллювирование, тем актуальнее применение мелиоративных мероприятий, создание достаточно мощного пахотного слоя. Оптимальная мощность пахотного слоя неодинакова для разных культур. Например, пропашные реагируют на нее значительно сильнее, чем зерновые культуры.

Диагностика уплотненных горизонтов актуальна не только на подзолистых почвах и солонцах, но и на черноземных и каштановых почвах с различной степенью уплотнения верхней в переходной части профиля вследствие солонцеватости или других причин. Создание мощного пахотного слоя на таких почвах с помощью ярусных и других мелиоративных обработок существенно улучшает их водно-физические свойства.

**Органическое вещество почв.** Содержание и запасы органического вещества в почвах традиционно служат основными критериями оценки почвенного плодородия, а в последние годы все больше рассматриваются и с точки зрения экологической устойчивости почв как компонента биосферы.

Органическое вещество в целом и отдельные его группы разносторонне влияют на агрономические свойства и режимы почв. Циклические процессы синтеза и трансформация органического вещества в агроэкосистем лежат в основе биогеохимических круговоротов всех биофильных элементов. В свою очередь, эти циклические процессы выполняют важнейшую роль в воспроизводстве свойств почвы, лежащих в основе ее плодородия.

Органическое вещество почв в большой мере определяет пищевой режим почв, оказывая на него прямое влияние как источник элементов питания и косвенное, обусловленное действием различных групп органических веществ на физико-химические и водно-физические свойства почв. На почвах, обогащенных органическим веществом, значительно снижаются потеря элементов минерального питания удобрений в результате миграционных процессов и загрязнение сопряженных сред.

В почвах постоянно происходят процессы трансформации инертных форм элементов минерального питания в лабильные. Наиболее известны и изучены процессы биологической фиксации атмосферного азота, хотя не менее сложные превращения осуществляются с труднодоступными формами фосфатов, калия, кальция и других биофильных элементов. Все эти процессы требуют значительных энергетических затрат и происходят при прямом или косвенном участии почвенной биоты, поэтому их осуществление возможно лишь при поступлении в почву органических веществ, служащих энергетическим материалом для нормального функционирования почвенной биоты.

Органическое вещество в значительной мере определяет емкость поглощения катионов, обусловленную карбоксильными группами, а при щелочной реакции среды — дополнительно спиртовыми и фенольными группами. Большое значение имеет комплексообразующая способность органического вещества. С ним связано образование агрономически ценной структуры почвы, увеличение влагоемкости. Известно стимулирующее воздействие гумусовых веществ на рост и развитие растений.

Гумусовое состояние почв принято характеризовать содержанием гумуса в пахотном слое, запасами в слое 0-100 см, отношением C:N, т.е. обогащенностью азотом, и отношением углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот, в соответствии с которым определяется тип гумуса.

Предлагаемые оценки сильно различаются для почв и применимы к различным уровням интенсификации земледелия.

Традиционное представление о прямой, тесной связи содержания гумуса с урожайностью сложилось при относительно низком уровне интенсификации земледелия, при умеренном применении удобрений, когда почвенный гумус оставался единственным (или основным) источником тех или иных элементов минерального питания растений.

При оптимальной обеспеченности влагой, минеральными элементами питания, благоприятном соотношении механических элементов и глинистых минералов она часто не проявляется или выражена слабо. В засушливых условиях зависимость продуктивности почв от их гумусового состояния проявляется сильнее, поскольку с повышением содержания гумуса возрастает влагоемкость почв и соответственно растут запасы продуктивной влаги, уменьшается испарение, т.е. улучшается водный режим.

### Показатели гумусового состояния почв

| Признак                             | Уровень признака   | Пределы значений |
|-------------------------------------|--------------------|------------------|
| Содержание гумуса, %                | очень высокое      | > 10             |
|                                     | высокое            | 6-10             |
|                                     | среднее            | 4-6              |
|                                     | низкое             | 2-4              |
|                                     | очень низкое       | <2               |
| Запасы гумуса в слое 0-100 см, т/га | очень высокие      | >600             |
|                                     | высокие            | 400-600          |
|                                     | средние            | 200-400          |
|                                     | низкие             | 100-200          |
|                                     | очень низкие       | <200             |
| Обогащенность азотом, C:N           | очень высокая      | >5               |
|                                     | высокая            | 5-8              |
|                                     | средняя            | 8-11             |
|                                     | низкая             | 11-14            |
|                                     | очень низкая       | <14              |
| Тип гумуса, $C_{гк}:C_{фк}$         | гуматный           | >2               |
|                                     | фульватно-гуматный | 2-1              |
|                                     | гуматно-фульватный | 1,,-0,5          |
|                                     | фульватный         | <0,5             |

При высоком уровне интенсификации земледелия влияние органического вещества почвы на урожайность проявляется через сложные системные взаимодействия, которые обуславливают, в частности, разрешающую способность почвы по отношению к усиливающейся химизации. В связи с этим наряду с физико-химическими аспектами на первый план выходят биологический и экологический, в особенности для преодоления большой пестицидной нагрузки. Весьма важны также энергетический и экономический аспекты проблемы. При интенсивном земледелии условия для сокращения затрат механической энергии на обработку почвы в большой мере определяются гумусовым состоянием.

Гумусовое состояние является не только причиной того или иного уровня плодородия почвы, но и следствием большой совокупности природных факторов, определяющих это состояние. Другими словами, почва отличается благоприятными свойствами не только потому, что имеет высокое содержание гумуса, но и потому, что ей сопутствует совокупность благоприятных природных факторов, определяющих ее плодородие и соответственно накопление гумуса.

В результате перекосов в развитии гумусовой проблемы фатально проявилась недооценка роли лабильного органического вещества, изучению которого уделялось мало внимания. В последние годы этот пробел заполняется. Наиболее целесообразным подходом к выявлению агрономической ценности гумуса и его составляющих можно считать разделение всех органических соединений почвы на две большие части: группу консервативных, устойчивых веществ и группу лабильных соединений. **Первая группа** объединяет те вещества, которые характеризуют типовые признаки почв, формирующиеся в тече-

ние длительного времени сохраняющиеся в вековых циклах. Это, прежде всего, гуминовые кислоты, гуматы, другие органоминеральные соединения, гиматомелановые кислоты, гумин. С их содержанием, составом в свойствами связаны окраска почв, тепловой режим, водно-физические характеристики, емкость поглощения, кислотно-основная и другие виды буферности почв, потенциальные запасы элементов питания растений. Все эти вещества непосредственно участвуют в питании растений в малой степени, но создают для них благоприятную среду.

Почва – сложная система, в которой реально осуществляется правило взаимозаменяемости составляющих ее компонентов таким образом, что при потере одного из составляющих почвы, оказавшего позитивное влияние на ее свойства, его функции могут переходить к другому компоненту. Например, при постепенном уменьшении общих запасов гуматов и гумина при переходе от черноземов к дерново-подзолистым почвам все большую роль в формировании структуры начинают играть полуторные оксиды; в почвах аридных территорий ту же роль в той или иной степени выполняют карбонаты кальция.

Положительная агрономическая роль консервативных составляющих почвенного гумуса наиболее наглядно проявляется в экстремальных ситуациях: в засушливые периоды, при химическом загрязнении почв. Поэтому наиболее устойчивым оказывается земледелие на почвах с высоким содержанием гумуса.

**Вторая группа** органических веществ почвы, лабильные компоненты которой непосредственно участвуют в питании сельскохозяйственных растений, формируют водопропрочную структуру почвы, служат энергетическим материалом для микроорганизмов, проявляется в агрономическом отношении более отчетливо. К лабильным (легкоразлагаемым) формам органических веществ относятся неразложившиеся растительные остатки, органические вещества животного происхождения, объединяемые общим понятием – источники гумуса, а также промежуточные продукты их разложения – *детрит*. Время практически полного разложения лабильных форм органических веществ исчисляется днями, месяцами и годами, стабильной части – десятками, сотнями и даже тысячами лет.

Дефицит лабильных форм органического вещества в почвах определяет состояние так называемой выпаханности, т.е. резкое ухудшение питательного режима и структурного состояния. Поэтому задача земледельца заключается в поддержании в почве определенного количества лабильного органического вещества (ЛОВ), которая сводится к тому, чтобы содержание и состав легко разлагаемых форм органических веществ были такими, при которых обеспеченность почвенным азотом была бы достаточной для получения планируемого урожая при существующих системах земледелия.

**Гранулометрический состав почв.** *Гранулометрический состав*, т.е. соотношение в почве механических элементов разной крупности (гранулометрических фракций), влияет практически на все ее свойства.

Наиболее активная часть почвы – *илистая фракция* ( $< 0,001$  мм), обогащенная гумусом, элементами зольного и азотного питания растений, играющая основную роль и в формировании поглотительной способности и структурообразовании. Эта фракция резко отличается от более крупных преобладанием глинистых минералов (монтмориллонита, каолинита, хлорита, гидрослюды, вермикулита и др.) над первичными, из которых встречается в основном кварц. Оптимальное сочетание глинистых минералов с определенной долей монтмориллонитовых, достаточно высокое содержание гумуса, соединений железа, кальция, благоприятный состав обменных оснований создают предпосылки для формирования водопропрочной структуры. Однако эффект может быть противоположным при развитии восстановительных процессов в результате переувлажнения, при насыщении почвенного поглощающего комплекса водородом, натрием, при очень малом количестве гумуса и высоком содержании монтмориллонитовых минералов.

*Мелкопылеватая фракция* (0,005-0,001 мм) близка к илистой по содержанию гумуса, состоит из вторичных и первичных минералов, способна к коагуляции и структурообразованию, но в гораздо меньшей степени, чем илистая фракция. Избыток неагрегированной

мелкой пыли способствует уплотнению почв, увеличению набухаемости и усадки, ухудшению водопроницаемости, трещиноватости.

*Фракция средней пыли (0,01-0,05 мм)* не способна к коагуляции и структурообразованию, но вследствие повышенного содержания слюды, придающих ей пластичность, связность, удерживает влагу, обладает слабой водопроницаемостью.

*Фракция крупной пыли (0,05-0,1 мм)* по минералогическому составу приближается к песчаной, обладает невысокой влагоемкостью, слабо набухает. Почвы, обогащенные фракциями крупной и средней пыли, легко расплываются, склонны к уплотнению.

*Песчаная фракция (1-0,05 мм)*, представленная в основном кварцем и полевыми шпатами, обладает высокой водопроницаемостью, крайне низкой поглотительной способностью. Для полевых культур пригодны пески с влагоемкостью не менее 10%, для лесных – не менее 3–5%. Соотношение этих фракций положено в основу классификации почв по гранулометрическому составу, разработанной Н.А. Качинским. Классификация почв по гранулометрическому составу должна основываться исключительно на относительном содержании в почве механических фракций. Такая единая для всех типов почв классификационная шкала почв по гранулометрическому составу рекомендована различными авторами, в частности С.И. Долговым, с учетом деления и номенклатуры Н.А. Качинского.

### Единая классификационная шкала почв по гранулометрическому составу

| Содержание частиц размером < 0,01 мм, % | Основное наименование разновидностей | Дополнительное наименование по преобладающей фракции | Число разновидностей |
|---|--------------------------------------|--|----------------------|
| 0-5                                     | рыхлопесчаная                        | песчаные и крупнопылеватые                           | 2                    |
| 5-10                                    | связнопесчаная                       | -«-  | 2                    |
| 10-20                                   | супесчаная                           | -«-  | 2                    |
| 20-30                                   | легкосуглинистая                     | песчаные, крупнопылеватые, пылеватые и иловатые      | 4                    |
| 30-40                                   | среднесуглинистая                    | -«-  | 4                    |
| 40-50                                   | тяжелосуглинистая                    | -«-  | 4                    |
| 50-65                                   | легкоглинистая                       | -«-  | 4                    |
| 65-80                                   | среднеглинистая                      | -«-  | 4                    |
| 80-100                                  | тяжелоглинистая                      | пылеватые и иловатые                                 | 2                    |

В той шкале за основу взяты девять основных разновидностей почв по гранулометрическому составу от рыхлопесчаных до тяжелоглинистых с дополнительным выделением разновидностей более низкого ранга по одной преобладающей фракции: песчаной (1,0–0,05 мм), крупнопылевой (0,05–0,01 мм), пылевой (0,01–0,001 мм) и иловой (мельче 0,001 мм).

Гранулометрический состав определяет многие стороны хозяйственного использования почв. От него зависят водопроницаемость, водоудерживающая и водоподъемная способность почв. Низкая влагоемкость песчаных и супесчаных почв – главная причина страдания растений от недостатка влаги в засушливых условиях, что гораздо слабее проявляется на тяжелосуглинистых и глинистых почвах благодаря их способности удерживать влагу. Последние, однако, хуже проявляют себя в гумидных условиях в связи с переувлажнением и развитием оглеения.

Эти категории почв существенно различаются и по условиям теплового режима. Легкие почвы быстрее прогреваются и раньше готовы к проведению полевых работ. Тяжелые почвы из-за большой влагонасыщенности, а, следовательно, теплоемкости медлен-

нее прогреваются весной, позднее наступает их физическая спелость. Поэтому легкие почвы считаются теплыми, тяжелые холодными.

От соотношения механических элементов сильно зависит структурное состояние почв. В этом отношении неблагоприятны не только песчаные и супесчаные почвы. Редко бывает удовлетворительной структура пылеватых почв с низким содержанием коллоидов, особенно при малом количестве гумуса.

Гранулометрический состав в значительной мере предопределяет гумусовое состояние почв. В легких почвах с низкой поглотительной способностью, обедненных питательными веществами, с высокой аэрацией производится меньше органического вещества и активнее протекают процессы его минерализации. Обогащенные коллоидами тяжелые почвы обладают более высокой производительной способностью и сильнее закрепляют образующиеся гумусовые вещества. Поэтому тяжелые почвы всегда более гумусированы по сравнению с легкими. Например, типичные черноземы тяжелосуглинистые содержат 7-8% гумуса, легкосуглинистые 4-5%, а супесчаные 2,5-3%.

Более низкая поглотительная способность легких почв обуславливает пониженную их буферность и соответственно резкое повышение концентрации почвенного раствора, более быстрое его подкисление под влиянием физиологически кислых удобрений.

**Скелетность почв.** Существенное влияние на плодородие некоторых почв, особенно неполноразвитых, оказывает скелетность, определяемая наличием механических элементов крупнее 1 мм. По классификации Качинского выделяют гравий размером 1-3 мм и камни размером более 3 мм.

Скелет почвы может иметь различное происхождение: известковое, мергелистое, гранитное, сланцевое, кварцевое и т.д.

Наличие в почве большого количества скелетного материала приводит к ухудшению физических свойств, резкому снижению влагоемкости и обеспеченности почвы питательными веществами, увеличению затрат на механическую обработку вследствие повышенного износа почвообрабатывающих орудий.

**Сложение почвы и водопроницаемость.** Сложение почвы характеризуется плотностью и пористостью. Плотность почвы, или объемная масса, в значительной мере определяет ее водный и воздушный режимы, биологическую активность, непосредственно влияет на развитие корневых систем растений. Она зависит от минералогического, гранулометрического состава почвы, содержания органического вещества, но особенно от структурного состояния. Плотность пахотного слоя почв преимущественно находится в пределах 1,1-1,4 г/см<sup>3</sup>, однако отклонения от этих значений могут быть весьма значительными, что сильно сказывается на условиях жизни растений и почвенных организмов. Для многих растений, особенно садовых культур, необходимо учитывать плотность переходных горизонтов и почвообразующих пород.

Важная характеристика сложения почвы – содержание в ней воздуха. При оптимальном сложении почвы порозность аэрации при полевой влагоемкости не должна быть ниже 15%. При меньшем содержании в почве воздуха условия роста большинства культурных растений ухудшаются. При уплотнении почвы ухудшается ее аэрация и увеличивается доля недоступной влаги. При плотности 1,5—1,6 г/см<sup>3</sup> на долю доступной влаги приходится всего 5-10% объема почвы, причем эта вода имеется только при высоком влагосодержании. Чем суше почва, тем больше угнетаются растения от повышенной плотности.

Нормальный газообмен почвы нарушается при плотности более 1,45 г/см<sup>3</sup> в результате сокращения количества макропор и крупных капилляров. Страдание растений от излишней плотности почвы проявляется в снижении всхожести, ослаблении окраски листьев, уменьшении глубины проникновения корневых систем, деформации корней и клубней, снижении роста растений. Неблагоприятно сказывается на развитии растений и очень рыхлое сложение почвы.

Создаваемая системой обработки плотность почвы, вначале близкая к оптимальной, в процессе вегетации изменяется до равновесной. Величина этого дрейфа тем больше, чем сильнее равновесная плотность отличается от оптимальной.

В других почвах эта разница может достигать весьма значительных величин, что определяет необходимость применения приемов противодействия неблагоприятному дрейфу, в числе которых могут быть, например, технологии гребневой посадки картофеля и других культур, мелиоративные мероприятия, локальные приемы обработки почвы.

### Оптимальная и равновесная плотность сложения средне- и тяжелосуглинистых почв, г/см<sup>3</sup> (по В.В.Медведеву)

| Почва            | Плотность сложения       |             | Дрейф |
|------------------|--------------------------|-------------|-------|
|                  | оптимальная для зерновых | равновесная |       |
| Чернозем         |                          |             |       |
| - оподзоленный   | 1,22                     | 1,25        | 0,03  |
| - типичный       | 1,20                     | 1,24        | 0,04  |
| - обыкновенный   | 1,20                     | 1,27        | 0,07  |
| - южный          | 1,20                     | 1,28        | 0,08  |
| Темно-каштановая | 1,23                     | 1,32        | 0,09  |
| Каштановая       | 1,25                     | 1,35        | 0,10  |

Плотность почв в значительной мере определяет ее водопроницаемость. При этом общий объем пор в тяжелых почвах слабо влияет на процесс фильтрации. Движение воды происходит не по всем порам, а в основном по дренирующим (диаметром более 100 мкм). Мезопоры (диаметром 30-100 мкм), содержащие капиллярную влагу, при полном заполнении не участвуют в процессе фильтрации; инфильтрация атмосферных осадков по ним возможна только при их частичном заполнении. Поры диаметром менее 30 мкм, в которых содержится рыхло- и прочносвязанная влага, процесс фильтрации практически не захватывает. В тяжелых минеральных почвах 70-90% общей пористости составляют поры диаметром менее 30 мкм, на долю же дренирующих пор в пахотном горизонте приходится 9-10, а в подпахотном – всего лишь 2-4 % общей пористости, так что основная масса воды в них находится в связанном состоянии и не способна ни к восходящей, ни к нисходящей миграции.

Оценка водопроницаемости почвы проводится с учетом природных и производственных условий. Орошаемые почвы по скорости впитывания делят на группы:

- значительной водопроницаемости, впитывающие за первый час более 150 мм воды;
- средней водопроницаемости, впитывающие за первый час от 50 до 150 мм воды;
- слабой водопроницаемости, впитывающие за первый час меньше 50 мм воды.

**Структурное состояние почв.** Под *структурностью* почвы понимают ее способность распадаться на агрегаты под влиянием механических воздействий. *Структура* почвы – совокупность агрегатов различной величины, формы, пористости, механической прочности и водопрочности. При оценке структуры следует отличать морфологическое понятие от агрономического .

Для морфологического описания почв С.А.Захаровым разработана классификация структуры, включающая три типа (с подразделением на роды): кубовидная (глыбистая, комковатая, ореховатая зернистая) призмовидная (столбчатовидная, столбчатая, призматическая) плитовидная (плитчатая, чешуйчатая). Для агрономической оценки структуры предложена классификация Н.И.Саввиновым.

Отношение массы комочков диаметром от 0,25 до 10 мм к массе остальных фракций называется *коэффициентом структурности*.

Важнейшими условиями агрономической ценности структуры является содержание водопрочных агрегатов порядка 45-55%.

Агрономическое значение структуры имеет несколько аспектов:

1. В структурных почвах складывается наиболее благоприятный водно-воздушный режим благодаря рациональному сочетанию капиллярной и некапиллярной пористости.

Они отличаются большей водопроницаемостью и влагоемкостью. Наличие некапиллярных пор способствует уменьшению испарения влаги с поверхности.

2. Достаточная аэрация при наличии доступной влаги создает лучшие условия для активизации микробиологических процессов, предотвращения денитрификации, мобилизации питательных веществ.

3. Благодаря сокращению поверхностного стока на структурных почвах уменьшается смыв и размыв, а структурные агрегаты размером более 1 мм устойчиво противостоят дефляции.

4. Агрономически ценная структура облегчает прорастание семян и распространение корней растений.

5. На структурных почвах уменьшаются энергетические затраты на механическую обработку, создаются возможности ее минимизации вплоть до отказа от основной обработки.

### Агрономическая классификация почвенной структуры (по Н.И.Саввинову)

| Род         | Вид                        | Размер агрегата, мм |
|-------------|----------------------------|---------------------|
| Глыбистая   | Крупные глыбы              | >100                |
|             | Средние глыбы              | 50-100              |
|             | Мелкие глыбы               | 10-50               |
| Комковатая  | Крупные комочки            | 3-10                |
|             | Средние комочки            | 1-3                 |
|             | Мелкие комочки             | 0,5-1,0             |
|             | Зернистые комочки          | 0,25-0,5            |
| Распыленная | Микроструктурные элементы  | 0,01-0,25           |
|             | Пылевато-глинистые частицы | <0,01               |

### Оценка структуры и сложения пахотного слоя почвы

| Содержание водопрочных агрегатов размером >0,25 мм, % | Оценка                          |                                    | Равновесная плотность сложения, г/см <sup>3</sup> | Оценка плотности сложения           |
|---|---------------------------------|------------------------------------|---|-------------------------------------|
|   | водопрочности структуры         | устойчивости сложения по структуре |   |                                     |
| <10   | неводопрочная                   | неустойчивое                       | >1,5  | очень плотное                       |
| 10-20   | неудовлетворительная            | -«-                                | 1,4-1,5   | -«-                                 |
| 20-30   | недостаточно удовлетворительная | недостаточно устойчивое            | 1,3-1,4   | плотное                             |
| 30-40   | удовлетворительная              | устойчивое                         | 1,2-1,3   | уплотненное                         |
| 40-60   | хорошая                         | -«-                                | 1,1-1,2   | оптимальная для большинства культур |
| 60-75(80)   | отличная                        | высокоустойчивое                   | 1,0-1,2   | -«-                                 |
| 75(80)  | избыточно высокая               | -«-                                | <1,0  | рыхлое (пашня вспушена)             |

**Оценка влагообеспеченности почв.** Имеются две группы почвенной влаги:

- непродуктивная, в которую входят максимально гигроскопичная влага, вода, связанная в кристаллических решетках минералов и часть рыхлосвязанной воды от максимальной гигроскопичности до влажности завядания, слабо подвижная, передвигающаяся только в виде пара, частично поглощаемая корнями с большой сосущей силой.

- продуктивная, включающая влагу в пределах между влажностью завядания и влажностью разрыва капилляров; от влажности разрыва капилляров до наименьшей (полевой) влагоемкости (НВ - наибольшее количество влаги, удерживаемой почвой против сил тяжести); от наименьшей влагоемкости до полной влагоемкости - наибольшее количество влаги, которое может содержаться в почве при заполнении всех пор. Оптимум влаги для растений лежит выше влажности разрыва капилляров до наименьшей влагоемкости.

На практике в качестве исходного критерия влагообеспеченности посевов используют запасы продуктивной влаги в почве, с которыми связаны прогнозирование урожайности, корректировка технологий возделывания сельскохозяйственных культур, мероприятия по накоплению и сохранению влаги, эффективность удобрений.

#### **Оценка запасов продуктивной влаги (по А. Ф. Вадюниной и З.А.Корчагиной)**

| Мощность слоя почвы, см | Запасы воды, мм | Качественная оценка запасов воды |
|-------------------------|-----------------|----------------------------------|
| 0-20                    | >40             | хорошие                          |
|                         | 40-20           | удовлетворительные               |
|                         | 20              | неудовлетворительные             |
| 0-100                   | 160             | очень хорошие                    |
|                         | 160-130         | хорошие                          |
|                         | 130-90          | удовлетворительные               |
|                         | 90-60           | плохие                           |
|                         | <60             | очень плохие                     |

Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы ниже 100 мм и выше 200 мм выходят за пределы оптимальных для большинства полевых культур. Избыточная влажность почвы (более 250 мм) и весьма малая (менее 50 мм) отрицательно сказываются на развитии растений и их урожайности.

**Окислительно-восстановительное состояние почв.** Для количественного выражения этого состояния используют окислительно-восстановительный потенциал (**ОВП**).

#### **Агрономическая оценка окислительно-восстановительных условий**

| Параметры   | Градации параметра для с/х культур |                 |                       |
|---|------------------------------------|-----------------|-----------------------|
|   | благоприятная                      | неблагоприятная | очень неблагоприятная |
| Возможное падение Eh ранней весной, мВ                  | <450                               | 350-200         | <200                  |
| Время развития весеннего анаэробнозиса (Eh<320 мВ), дни | ≤ 5                                | 5-10            | >10                   |
| Возможное падение Eh в течение 5 дней при орошении, мВ  | <450                               | 350-200         | 200                   |

Диапазон приемлемых для жизнедеятельности растений Eh находится в пределах 550-750 мВ, для черноземов 400-600, для сероземов 350-400 мВ. Падение потенциала до



320 мВ вызывает развитие процессов денитрификации, потенциал 200 мВ в ниже свидетельствует о глубоком анаэробнозисе в почве.

Создание восстановительной обстановки в почвах обусловлено в основном накоплением в них продуктов анаэробного распада органического вещества, а также восстановленных минеральных соединений. При величине ОВП ниже 480 мВ нитраты восстанавливаются в нитриты, при Eh 340 мВ - нитраты преобладают, а при Eh 200 мВ появляются оксиды азота.

В щелочной среде восстановление происходит при более низких значениях ОВП, так как развитие этого процесса за счет ионов водорода в данном случае ограничено. Поэтому в щелочных почвах оптимум Eh лежит ниже, чем в кислых.

Ухудшение азотного режима связано с подавлением нитрификационных процессов, развитием денитрификации. Ухудшение фосфатного режима обусловлено трансформацией растворимых соединений фосфора почвы в удобрений в труднодоступные формы вследствие связывания фосфат-ионов несиликатными полутороксидами.

**Кислотно-основная характеристика почв.** Реакция почвы обусловлена соотношением в почвенном растворе водородных и гидроксильных ионов. Различают почвы: очень сильнокислые —  $\text{pH} < 4,0$ ; сильнокислые — 4,1-4,5; среднекислые — 4,6-5,0; слабокислые — 5,1-5,5; нейтральные — 5,6-7,4; слабощелочные — 7,5-8,5; сильнощелочные — 8,5-10,0; резкощелочные — 10,1-12,0.

Негативное влияние повышенной кислотности на растения проявляется через недостаток  $\text{Ca}^{2+}$ , повышенную концентрацию токсичных для растений ионов алюминия, марганца, изменение доступности для растений элементов питания, ухудшение физических свойств почвы, снижение ее биологической активности.

В кислых почвах повышается растворимость соединений железа, марганца, алюминия, бора, меди, цинка. При избытке этих элементов продуктивность растений снижается. В то же время высокая кислотность понижает доступность молибдена. Усвояемость фосфора максимальна при  $\text{pH}$  6,5, в более кислой, как и в щелочной, среде она снижается. Кислая среда угнетающе действует на процессы аммонификации, нитрификации, фиксации азота из воздуха, ухудшая азотный режим почвы. Оптимальные условия для развития микрофлоры, определяющей эти процессы, лежат в пределах 6,5-8,0.

Особо токсичную роль в кислых почвах играет алюминий. При  $\text{pH}$  4 в них содержится достаточное количество растворенного алюминия, чтобы нанести сильный вред большинству растений, в то время как питательные растворы с  $\text{pH}$  4 столь острой проблемы не создают. Близкие эффекты при низких  $\text{pH}$  оказывает марганец.

На щелочных почвах ухудшается фосфатный режим. Возникает дефицит некоторых микроэлементов (Zn, Fe, Mn, Cu). При высокой щелочности ухудшаются физические свойства почв. Сильнощелочная реакция неблагоприятна для большинства растений.

Различают актуальную и потенциальную кислотность и щелочность. Актуальная кислотность почвы обусловлена наличием ионов  $\text{H}^+$  в почвенном растворе, потенциальная проявляется в результате взаимодействия почвы с растворами солей или оснований.

Потенциальная кислотность подразделяется на обменную и гидролитическую. Первая обнаруживается при взаимодействии с почвой растворов нейтральных солей, вторая — при воздействии на почву раствора гидролитической соли сильного основания и слабой кислоты. С повышением доли обменных катионов водорода и алюминия в ППК снижается степень насыщенности почвы основаниями. Эта важная характеристика кислых почв измеряется количеством обменных оснований (обычно  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ), выраженным в процентах от емкости поглощения.

*Актуальная щелочность* обусловлена наличием в почвенном растворе гидролитически щелочных солей, при диссоциации которых образуется в значительных количествах гидроксильный ион. При характеристике актуальной щелочности почвенных растворов различают общую щелочность, щелочность от нормальных карбонатов и от гидрокарбо-

натов, которые различаются по граничным значениям рН. *Потенциальная щелочность* проявляется у почв, содержащих поглощенный натрий.

Агрономическая оценка одних и тех же показателей кислотности или щелочности почв неоднозначна для различных культур и сортов. Она изменяется также в зависимости от содержания гумуса, гранулометрического состава, обеспеченности растений минеральными элементами питания. Зоны оптимальных значений рН, например, сильно зависят от гранулометрического состава почв.

**Карбонатность почв.** В карбонатных почвах содержится повышенное количество  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{HCO}_3^-$  в почвенном растворе, что определяет их слабощелочную реакцию. В этих почвах быстрее осуществляется минерализация органического вещества и высвобождается азот в минеральных формах. Фосфаты, железо, марганец, тяжелые металлы менее доступны, чем в кислых почвах. Присутствие в почвенных растворах большого количества кальция вследствие антагонизма катионов может затруднить усвоение некоторых элементов питания, создавая их недостаток для растений. Недостаток усвояемого железа в карбонатных почвах может вызывать хлороз растений.

**Засоленность почв.** К засоленным относятся почвы, содержащие в своем составе легкорастворимые соли в токсичных для сельскохозяйственных растений количествах. Они оказывают прямое отрицательное воздействие на растения в результате повышения осмотического давления почвенных растворов и токсичного действия отдельных ионов, а также косвенное влияние через изменение физико-химических, биологических и других свойств почв. Наибольший токсический эффект проявляют сода, затем хлориды, далее бикарбонаты натрия и магния и затем сульфаты натрия и магния. Гипс, так же как и карбонат кальция (в отличие от токсичного карбоната магния), не вреден, однако присутствие его в больших количествах (гипсовые коры) приводит к понижению плодородия почвы.

По глубине залегания верхней границы солевого горизонта засоленные почвы разделяются на солончаковые – в слое 0-30 см, солончаковатые – 30-80, глубокосолончаковатые – 80-150 и глубокозасоленные – глубже 150 см.

Химизм (тип) засоления почв определяется главным образом по соотношению анионов в этих слоях, хотя учитывается и соотношение катионов.

Выделяют следующие типы засоления почв:

- хлоридный — при отношении  $\text{Cl}^-:\text{SO}_4^{2-} > 2,5$ ;
- сульфатно-хлоридный – 2,5-1,0;
- хлоридно-сульфатный – 1,0-0,2;
- сульфатный – менее 0,2;
- содово-хлоридный при отношении  $\text{HCO}_3^-:\text{Cl}^- < 1$ ;  $\text{HCO}_3^-:\text{SO}_4^{2-} > 1$ ;  $\text{Cl}^-:\text{SO}_4^{2-} > 1$ ;
- содово-сульфатный при отношении  $\text{HCO}_3^-:\text{Cl}^- > 1$ ;  $\text{HCO}_3^-:\text{SO}_4^{2-} < 1$ ;  $\text{Cl}^-:\text{SO}_4^{2-} < 1$ ;
- хлоридно-содовый при отношении  $\text{HCO}_3^-:\text{Cl}^- > 1$ ;  $\text{HCO}_3^-:\text{SO}_4^{2-} > 1$ ;  $\text{Cl}^-:\text{SO}_4^{2-} > 1$ ;
- сульфатно-содовый при отношении  $\text{HCO}_3^-:\text{SO}_4^{2-} > 1$ ;  $\text{HCO}_3^-:\text{Cl}^- > 1$ ;  $\text{Cl}^-:\text{SO}_4^{2-} < 1$ ;
- сульфатно- или хлоридно-гидрокарбонатный при отношении  $\text{HCO}_3^-:\text{Cl}^- > 1$ ;  $\text{HCO}_3^-:\text{SO}_4^{2-} > 1$ ;  $\text{Cl}^-:\text{SO}_4^{2-}$  -любое.

Степень засоления почвы оценивают по содержанию токсичных солей в этих слоях.

**Солонцеватость.** Это качество почв обусловлено повышенным содержанием обменного натрия или последствиями его пребывания в ППК. В первом случае она называется *активной* (или физико-химической), во втором – *физической* (или реликтовой).

При высоком содержании гумуса пептизирующее влияние обменного натрия снижается. Требуется повышенное его количество, чтобы распылить агрегаты, устойчиво склеенные органическим веществом, когда солонцовый процесс накладывается на гумусированные почвы. В то же время при невысоком уровне гумусированности почв, высокой дисперсности гумусовых веществ, наличии растворимых гуматов и фульватов натрия и магния процесс пептизации довольно активно протекает при малом содержании обменного натрия.

Пептизирующий эффект обменного натрия обуславливает неблагоприятные физико-химические и физические свойства солонцовых почв: высокое набухание и липкость при увлажнении, низкую фильтрационную способность, глыбистость и высокую твердость при высыхании.

#### Классификация почв по степени засоления

| Степень засоления                  | Химизм засоления (сумма солей, %) |                     |                     |            |
|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------|------------|
|                                    | хлоридный                         | сульфатно-хлоридный | хлоридно-сульфатный | сульфатный |
| Незасоленные                       | <0,05                             | <0,1                | <0,2                | <0,3       |
| Слабозасоленные                    | 0,05-0,15                         | 0,1-0,2             | 0,2-0,4             | 0,3-0,4    |
| Среднезасоленные                   | 0,15-0,3                          | 0,2-0,4             | 0,4-0,6             | 0,4-0,8    |
| Сильнозасоленные                   | 0,3-0,7                           | 0,4-0,8             | 0,6-0,9             | 0,8-1,2    |
| Очень сильнозасоленные (солончаки) | >0,7                              | >0,8                | >0,9                | >1,2       |

#### Продолжение

| Степень засоления                  | Химизм засоления (сумма солей, %)           |                                      |  |
|------------------------------------|---|--------------------------------------|--|
|                                    | содово-хлоридный, хлоридно-содовый, содовый | содово-сульфатный, сульфатно-содовый | сульфатно- или хлоридно-гидрокарбонатный |
| Незасоленные                       | <0,1  | <0,15                                | <0,2                                     |
| Слабозасоленные                    | 0,1-0,2                                     | 0,15-0,25                            | 0,2-0,4                                  |
| Среднезасоленные                   | 0,2-0,3                                     | 0,25-0,40                            | 0,4-0,5                                  |
| Сильнозасоленные                   | 0,3-0,5                                     | 0,4-0,6                              | не встречаются                           |
| Очень сильнозасоленные (солончаки) | >0,5  | >0,6                                 | -«-                                      |

При замещении обменного натрия кальцием в ходе естественной трансформации солонцов или под влиянием мелиорантов свойства солонцов улучшаются, однако плотная упаковка частиц в агрегатах и морфологические признаки солонцеватости сохраняются достаточно долго, особенно в природных условиях. Такие солонцы, потерявшие в основном обменный натрий, но сохранившие морфологические признаки солонцеватости называются остаточными, а при глубоком рассолении и рассолонцевании – реликтовыми. От них следует отличать современные, активные (с близким залеганием соленых горизонтов) малонатриевые солонцы.

**Обеспеченность почв элементами питания.** Агрохимическая характеристика почв – это оценка их состава, свойств в режимов с точки зрения условий питания растений, применения удобрений и их превращения в почве.

Обеспеченность почв элементами питания и их доступность растениям зависят от многих условий: гранулометрического и минералогического состава, гумусового состояния, микробиологического режима, реакции почвы, емкости поглощения и состава обменных катионов, наличия токсичных веществ и соединений, связывающих питательные элементы в труднодоступные для растений формы, сложения и структурного состояния почв, условий увлажнения и температурного режима.

Оценка почв по обеспеченности подвижными элементами питания приведена ниже.

#### Обеспеченность почв азотом легкогидролизуемых соединений, мг/кг

|                |                      |             |                  |
|----------------|----------------------|-------------|------------------|
| Обеспеченность | Зерновые, хлопчатник | Корнеплоды, | Овощные культуры |
|----------------|----------------------|-------------|------------------|

|              |       |           |        |
|--------------|-------|-----------|--------|
|              |       | картофель |        |
| Очень низкая | 30    | 40        | 50     |
| Низкая       | 40    | 50        | 70     |
| Средняя      | 40-50 | 40-70     | 50-100 |
| Высокая      | 50    | 70        | 100    |

О потенциальной обеспеченности растений азотом судят по содержанию его легкогидролизуемых форм, по нитрификационной способности почвы. Фактическую обеспеченность устанавливают по наличию в почве запасов нитратного, нитритного и аммонийного азота. Обеспеченность посевов азотом рассчитывают на основе этих данных, а также сведений о накоплении азота за счет текущей минерализации и поступления с удобрениями.

#### **Обеспеченность карбонатных почв доступными фосфатами (мг/кг почвы) по Мачигину**

| Обеспеченность | Зерновые, хлопчатник | Корнеплоды, картофель | Овощные, культуры |
|----------------|----------------------|-----------------------|-------------------|
| Очень низкая   | 10                   | 15                    | 30                |
| Низкая         | 15                   | 30                    | 45                |
| Средняя        | 15-30                | 30-45                 | 45-60             |
| Высокая        | 30                   | 45                    | 60                |

#### **Обеспеченность выщелоченных почв доступными фосфатами по Чирикову, мг/кг**

| Обеспеченность | Зерновые | Корнеплоды, картофель | Овощные, культуры |
|----------------|----------|-----------------------|-------------------|
| Очень низкая   | 20       | 50                    | 100               |
| Низкая         | 50       | 100                   | 150               |
| Средняя        | 50-100   | 100-150               | 150-200           |
| Высокая        | 100      | 150                   | 200               |

#### **Группировка почв по содержанию обменного калия**

| Уровень содержания калия в почве | Определяемого из вытяжки |                    |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------|
|                                  | по Мачигину, мг/кг       | по Чирикову, мг/кг |
| очень низкий                     | до 200                   | до 20              |
| низкий                           | 201-300                  | 21-50              |
| средний                          | 301-400                  | 51-80              |
| повышенный                       | 401-600                  | 81-120             |
| высокий                          | свыше 600                | свыше 120          |

Общая тенденция превращения соединений фосфора в почве связана с переходом их в более устойчивые труднорастворимые формы – трехзамещенного фосфата кальция  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  и фосфатов железа и алюминия. В процессе биологического круговорота фосфора и изменения его режимов в зависимости от различных условий в почве присутствуют в той или иной мере растворимые его соединения: кислые фосфаты кальция, железа, алюминия разной основности и другие соединения, сорбированные на поверхности глинистых минералов, оксидов и гидроксидов железа и алюминия с различной прочностью

связи. Подвижность этих соединений зависит от реакции среды, содержания гумуса. Она существенно изменяется в зависимости от гранулометрического состава почв.

Почвенный калий делят на необменный, обменный и находящийся в почвенном растворе. Валовое содержание  $K_2O$  может составлять 2% и более, доля обменного калия по отношению к общему запасу чаще всего составляет меньше 5%, а в почвенном растворе находится только 1% обменного калия. Между этими формами существует равновесие. При снижении содержания обменного калия необменный калий переходит в обменное состояние. С другой стороны, калий удобрений может необменно закрепляться в почве. Этот процесс усиливается после известкования.

**Оценка биологической активности почвы.** Показатели биологической активности почвы необходимы для характеристики ее как биологической системы и оценки степени ее изменения под влиянием антропогенного воздействия, в особенности повреждения токсикантами и техногенными перегрузками. Вследствие биохимических превращений в почве происходят важнейшие процессы детоксикации ксенобиотиков, ее самоочищения. Решающую роль в этих процессах играют ассоциации почвенных микроорганизмов, функционирующих как единое целое благодаря взаимосвязанным метаболическим реакциям. Стерилизующий эффект различных загрязнений приводит к выпадению чувствительных видов, распаду микробных ценозов, снижению биохимической активности почвы и деградации экосистем. Известно много показателей, характеризующих различные аспекты биологического состояния почв, из которых для контроля за биологическим состоянием почвы важно отобрать наиболее интегральные, поддающиеся инструментальному измерению и относящиеся к процессам с гомеостатическими механизмами.

Гомеостаз системы – механизм регуляции, упорядочивающий во времени изменение свойств в направлении устойчивости основных характеристик системы. Проявлением гомеостаза является определенный диапазон значений рН, ОВП, содержание и состав органического вещества, характерных для каждого типа почвы, решающее значение в поддержании гомеостаза имеют элементарные почвенно-биологические процессы: разложение растительного опада, образование гумусовых веществ, разложение гумуса, деструкция минералов почвообразующей породы, минералообразование, глееобразование и др. Сущность основных почвенно-биологических процессов в почве заключается в превращении органических веществ и для оценки их интенсивности используют ферментативную активность почвы.

### Ферментативная активность почвы

| Показатель                               | Степень активности |         |         |         |               |
|--|--------------------|---------|---------|---------|---------------|
|  | очень слабая       | слабая  | средняя | высокая | очень высокая |
| Выделение $CO_2$ , $CO_2/10$ г/сут       | 0-5                | 5-10    | 10-15   | 15-25   | >25           |
| Каталаза, $O_2$ , см <sup>3</sup> /г/мин | до 1               | 1-3     | 3-10    | 10-30   | >30           |
| Дегидрогеназа, ТТХ, мкл $H_2$ г/сут      | 0-3                | 3-7     | 7-15    | 15-22   | >22           |
| Фосфатаза, мг $P_2O_5/10$ г/ч            | 0-5                | 0,5-1,5 | 1,5-5,0 | 5-15    | >15           |
| Протеаза, мг альбум./10 г/ч              | 0-0,5              | 0,5-1,0 | 1,0-2,0 | 2,0-3,0 | >3            |
| Инвертаза, мг глюкоза/г/сут              | до 5               | 5-15    | 15-50   | 50-150  | >150          |

Представленная шкала имеет ориентировочный характер. Наряду с оценкой химического состояния почв эта шкала служит составной частью комплексной системы показателей мониторинга состояния почв в условиях антропогенных загрязнений.

**Окультуренность почв.** Под окультуриванием почвы следует понимать преобразование ее свойств в соответствии с агроэкологическими требованиями конкретной культуры или группы культур. Окультуривание связано с созданием качественно нового типа биологического круговорота веществ с более высокой емкостью в интенсивностью В та-

кой редакции данное понятие распространяется на почвы, свойства которых существенно отличаются от оптимальных в указанном смысле.

Окультуренные почвы формируются в условиях высокой агротехники (соблюдение севооборотов, регулярное внесение органических и минеральных удобрений, гипсование и др.). у них довольно отчетливо сохраняются признаки почвообразования.

Культурные почвы (высококультуренные) формируются в условиях длительного и интенсивного окультуривания. При регулярном внесении больших количеств органических удобрений, утрачивают морфологический облик, свойственный целинным типам.

### **Оценка эрозионной опасности и эродированности почв**

Водная эрозия почвы – процесс ее разрушения под ударами капель дождя и под действием поверхностного стока воды. При отсутствии антропогенного воздействия на ландшафты интенсивность эрозии соизмерима со скоростью почвообразования и имеет название нормальной. При вовлечении земель в сельскохозяйственный оборот интенсивность процесса многократно возрастает и имеет название ускоренная или современная.

Различают эрозию смыва (плоскостную), размыва (овражную) и ирригационную при неправильном орошении.

К природным факторам водной эрозии относятся климатические (мощность снежного покрова, глубина промерзания почвы и скорость снеготаяния, количество осадков и их интенсивность), рельеф (расчлененность, базис эрозии, величина и форма водосборов, крутизна, длина, форма и экспозиция склонов), свойства почв (гранулометрический состав, структурное состояние, водопроницаемость, влагоемкость), степень защищенности земель естественной растительностью.

Основные антропогенные факторы эрозии – уменьшение растительного покрова, дигрессия пастбищ, ухудшение структурного состояния почв, недостаточная защищенность поверхности растительными остатками.

Почвы с признаками возможного проявления эрозии называются эрозионно опасными, а фактически подвергшиеся эрозии — эродированными (смытыми).

В результате эрозии снижается содержание гумуса, повышается плотность почвы, снижаются порозность, влагоемкость, водопроницаемость, запасы продуктивной влаги, уменьшается биогенность. С ухудшением агрофизических свойств еще более возрастает подверженность эрозии, которая может привести к полной потере гумусового горизонта, необратимому ухудшению почвы при обнажении древних пород и ее потере при близком залегании плотных пород.

Диагностика почв по степени эродированности осуществляется по уровню потери гумуса или отчуждения верхнего гумусового горизонта.

Смытость почв влияет на такие свойства почвы как мощность горизонтов, содержание гумуса, объемная масса, влажность завядания, порозность, полная влагоемкость, водопроницаемость, что в свою очередь снижает урожайность культур и ухудшает гидрологические характеристики.

Эрозия сопровождается потерей талых и дождевых вод, расчленением полей, заилением рек, прудов, водоемов, оросительных и дренажных систем. Наиболее интенсивное развитие водной эрозии наблюдается в лесной и лесостепной зонах. К югу ее проявление ослабевает, но усиливаются процессы ветровой эрозии, или дефляции.

Ветровая эрозия, или дефляция, т.е. процесс разрушения, перемещения и отложения почвы ветром. проявляется в виде развевания при небольших скоростях ветра и в виде пыльных бурь.

Основные факторы, определяющие податливость почвы к дефляции: скорость ветра, степень распыленности и влажности поверхностного слоя, наличие растительности или ее остатков. Косвенное влияние на дефляцию оказывают общее количество осадков и распределение их в течение года, влажность и температура воздуха, рельеф.

Основные районы проявления дефляции – пустыни и степи, в меньшей степени лесостепь. В условиях холмистого или расчлененного рельефа действию ветра наиболее под-

вержены выпуклые участки поверхности и ветроударные склоны, древние ложбины стока, расположенные вдоль направления господствующих ветров. Высокой подверженностью дефляции отличаются почвы легкого гранулометрического состава. Податливость тяжелых почв зависит от их структурного состояния. Разрушению агрегатов способствует переменное их увлажнение и высушивание. Еще более сильный распад агрегатов происходит при чередовании процессов промерзания и оттаивания почвы. Превращение воды в лед в переувлажненной почве сопровождается расширением ее объема и в связи с этим разрывом структурных отдельностей на мелкие агрегаты. Этим объясняется усиление податливости почв выдуванию от осеннего периода к весеннему.

Диагностика почв по степени эродированности ветром еще более затруднительна, чем диагностика их по степени смывости и осуществляется по степени уменьшения горизонта А.

Наиболее эрозионно опасными являются фракции размером 0, 1- 0,5 мм, вызывающие разрушение почвы, засекание и уничтожение растений.

Устойчивость почвы против дефляции можно оценить по комковатости поверхности, т.е. по количеству ветроустойчивых комочков (крупнее 1 мм) в слое 0-5 см, выраженному в процентах от воздушно-сухой почвы. При содержании этих комочков меньше 50 % наступает процесс выдувания. Порог устойчивости почвы к дефляции, если на поверхности ее нет пожнивных остатков, характеризуется степенью комковатости в пределах 50-55 %. Картина существенно меняется в зависимости от наличия на поверхности почвы пожнивных остатков.

**Почвоутомление, оценка фитотоксичности почвы и фитосанитарного состояния.** В качестве наиболее существенных причин почвоутомления называют следующие:

- односторонний вынос питательных веществ, недостаток микроэлементов, нарушение солевого баланса почвы, в частности “перекармливание” почвы удобрениями;
- нарушение структуры и физико-химических свойств почвы, особенно при длительном возделывании пропашных культур;
- развитие фитопатогенной микрофлоры;
- одностороннее развитие некоторых групп почвенной микрофлоры в ущерб другим;
- усиленное размножение вредителей;
- чрезмерное размножение злостных сорняков;
- сдвиг рН;
- накопление фитотоксических веществ в почве.

То есть почвоутомление рассматривается как результат нарушения экологического равновесия в системе почва — растение, являющегося следствием одностороннего воздействия на почвенную среду культурных растений.

В качестве определяющего фактора выступает перегруппировка почвенных микроорганизмов в направлении повышения удельного веса агрономически менее ценной и вредной микрофлоры, в частности, увеличения доли микроскопических грибов, актиномицетов и фитотоксичных форм в общем количестве микроорганизмов.

Рассматривая почвоутомление с экологических позиций, можно определить его как результат экологического кризиса, наступающего как следствие дисгармонии в отношении растений и почвенной среды в агроценозах. В климаксовых растительных сообществах нет почвоутомления, поэтому они могут существовать практически бесконечно при условии определенного постоянства экологических условий. Лишь при изменении этих условий отдельные факторы почвоутомления могут иметь место как причина смены растительных формаций. Почвоутомление – это тот экологический механизм, с помощью которого система почва – растение пытается освободиться от одностороннего воздействия на почвенную среду со стороны искусственного растительного сообщества, создавая условия для его естественной смены. Именно в результате этой общей причины в монокультуре получают большое развитие сорные растения, болезни и вредители растений.

**Загрязненность почв тяжелыми металлами** и другими химическими веществами. В число загрязнителей окружающей среды входят тяжелые металлы, пестициды, ряд производных углерода, серы, азота, фтора, жидкие углеводороды, синтетические органические вещества, радионуклиды и другие вредные вещества.

#### Классы загрязняющих веществ по степени их опасности (ГОСТ 17.4.1.02—83)

| Класс            | Химические вещества                                      |
|------------------|--|
| Высокоопасные    | Мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, фтор, бензопирен   |
| Умеренно опасные | Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром       |
| Малоопасные      | Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенол |

#### Показатели для определения класса опасности химического вещества

| Показатели                                | Нормы для классов опасности |                 |              |
|---|-----------------------------|-----------------|--------------|
|   | I                           | II              | III          |
| Токсичность, ЛД <sub>50</sub> *           | <200                        | 200-1000        | >1000        |
| Персистентность в почве, месс**           | >12                         | 6-12            | >6           |
| ПДК в почве, мг/кг                        | <0,2                        | 0,2-0,5         | >0,5         |
| Миграция                                  | мигрируют                   | слабо мигрируют | не мигрируют |
| Персистентность в растениях, мес          | >3                          | 1-3             | >1           |
| Влияние на пищевую ценность с/х продукции | сильное                     | умеренное       | нет          |

*ЛД<sub>50</sub> – летальная доза химического вещества, вызывающая при введении в организм гибель 50% животных, мг/кг живой массы*

*\*\*Персистентность в почве – продолжительность сохранения биологической активности загрязняющего почву химического вещества, характеризующая степень его устойчивости к процессу разложения.*

Источники поступления тяжелых металлов подразделяются на природные и техногенные. К природным источникам относятся выветривание горных пород и минералов, эрозионные процессы, вулканическая деятельность. Техногенные источники загрязнения почв тяжелыми металлами могут быть расположены в следующий ряд по масштабам загрязнения и по удельному вкладу: азральные выбросы предприятий черной и цветной металлургии (наиболее мощный источник загрязнения); затем автотранспорт; далее жидкие и твердые бытовые коммунальные отходы, включая осадки сточных вод (ОСВ); пестициды, органические удобрения, минеральные удобрения.

#### С/х источники загрязнения почв тяжелыми металлами, мг/кг сухой массы

| Элемент | Сточные воды | Фосфорные удобрения | Азотные удобрения | Органические удобрения | Пестициды |
|---------|--------------|---------------------|-------------------|------------------------|-----------|
| As      | 2-26         | 2-1200              | 2,2-120           | 3-25                   | 22-60     |
| Cd      | 2-1500       | 0,1-170             | 0,05-8,5          | 0,3-0,8                | -         |
| Co      | 2-260        | 1-12                | 5,4-12            | 0,3-24                 | -         |
| Cr      | 20-40000     | 6-245               | 3,2-19            | 5,2-55                 | -         |
| Cu      | 50-3300      | 1-300               | 1-15              | 2-60                   | 12-50     |
| F       | 2-740        | 8500-38000          | -                 | 7                      | 18-45     |
| Hg      | 0,1-55       | 0,01-1,2            | 0,3-2,9           | 0,09-0,2               | 0,8-42    |
| Mn      | 60-3900      | 40-2000             | -                 | 30-550                 | -         |



|    |           |         |          |        |        |
|----|-----------|---------|----------|--------|--------|
| Mo | 1-40      | 0,1-60  | 1-7      | 0,05-3 | -      |
| Ni | 16-5300   | 7-38    | 7-34     | 7,8-30 | -      |
| Pb | 50-3000   | 7-225   | 2-27     | 6,6-15 | 60     |
| Se | 2-9       | 0,5-25  | -        | 2,4    | -      |
| Sn | 40-700    | 3-19    | 1,4-16,0 | 3,8    | -      |
| Zn | 700-49000 | 50-1450 | 1-42     | 15-250 | 1,3-25 |

Характер профильного распределения тяжелых металлов в естественных и техногенных ландшафтах существенно различается. Для техногенных территорий характерен регрессивно-аккумулятивный тип распределения, проявляющийся в повышенном накоплении металлов в гумусовом горизонте и резком понижении их содержания в нижележащих.

На характер перераспределения тяжелых металлов в профиле почв влияет комплекс почвенных факторов; гранулометрический состав, реакция почв, содержание органического вещества, емкость поглощения катионов, наличие геохимических барьеров, дренаж.

Для оценки локального загрязнения почвы каким-либо веществом сравнивают его содержание с фоновым, т.е. с содержанием в аналогичных почвах, удаленных от источников загрязнения.

Нормативы загрязнения почв тяжелыми металлами должны учитывать буферную способность почв, которая играет значительную роль в ослаблении токсичного действия тяжелых металлов на растения. При разработке ПДК токсичных веществ должно учитываться не только непосредственное воздействие их на живые организмы, но и на экосистему в целом с учетом органических связей между ее компонентами и возможных отдаленных последствий поступления загрязняющих веществ в биосферу.

#### **ПДК химических веществ в почвах и допустимые уровни их содержания по показателям вредности, мг/кг почвы с учетом фона**

| Элемент                      | ПДК  | Показатели вредности |        |                |
|------------------------------|------|----------------------|--------|----------------|
|                              |      | транслокационный     | водный | общесанитарный |
| <b>Водорастворимые формы</b> |      |                      |        |                |
| F                            | 10,0 | 10,0                 | 10,0   | 25,0           |
| <b>Подвижные формы</b>       |      |                      |        |                |
| Cu                           | 3,0  | 3,5                  | 72,0   | 3,0            |
| Ni                           | 4,0  | 6,7                  | 14,0   | 4,0            |
| Zn                           | 23,0 | 23,0                 | 200,0  | 37,0           |
| Co                           | 5,0  | 25,0                 | 1000   | 5,0            |
| F                            | 2,8  | 2,8                  | -      | -              |
| Cr                           | 6,0  | -                    | -      | 6,0            |
| Pb                           | 6,0  | -                    | -      | -              |
| <b>Валовое содержание</b>    |      |                      |        |                |
| Sb                           | 4,5  | 4,5                  | 4,5    | 50,0           |
| Mn                           | 1500 | 3500                 | 1500   | 1500           |
| V                            | 150  | 170                  | 350    | 150            |
| Pb                           | 30   | 35                   | 260    | 30             |
| As                           | 2    | 2                    | 15     | 10             |
| Hg                           | 2,1  | 2,1                  | 33,3   | 5,0            |
| Pb + Hg                      | 20+1 | 20+1                 | 30+2   | 30+2           |
| Cu                           | 55   | -                    | -      | -              |
| Ni                           | 85   | -                    | -      | -              |
| Zn                           | 100  | -                    | -      | -              |

Характеризуя общую картину загрязнения почв тяжелыми металлами, можно отметить, что опасные его уровни, превышающие значения ПДК, наблюдаются в основном около металлургических предприятий в радиусе до 10-12 км и вдоль автодорог с достаточно интенсивным движением (в полосах шириной до 100 м). В этих районах сельскохозяйственное использование почв должно быть строго специализированным, их следует исключать из обычных севооборотов.

Загрязнения тяжелыми металлами из агропромышленных источников до уровней, приближающихся к ПДК, возможны только на землях, на которых средства химизации, например пестициды или осадки сточных вод, применялись длительное время без надлежащего контроля. Внесение минеральных удобрений и традиционных органических удобрений в средних дозах способно поднять уровень содержания тяжелых металлов в почвах до ныне действующих значений ПДК лишь за сотни лет.

Наиболее вероятными объектами, на которых можно ожидать повышенных уровней загрязнения тяжелыми металлами и для которых необходимо проведение обследований, являются: пригородные зоны крупных промышленных центров (на расстоянии до 10 км); овощные севообороты с высокой насыщенностью удобрениями и пестицидами; поля с традиционно длительным применением сточных вод или осадков сточных вод; территории, на которых систематически применяют пестициды (например, медные препараты на виноградниках).

**Слайды, таблицы, иллюстрации.**

**Контрольные вопросы:**

1. Для чего проводят оценку почв по строению почвенного профиля?
2. По каким показателям оценивается гумусовое состояние почв?
3. Что определяет гранулометрический состав почв?
4. Роль сложения, структурного состояния в оценке почвенных условий?
5. Как дается оценка влагообеспеченности почв?
6. Для чего используют окислительно-восстановительный потенциал почв?
7. Влияет ли засоленность почв на потребление растениями элементов питания?
8. По каким показателям характеризуется почвоутомление и загрязненность почв?

**Литература:**

- 1 Агрохимия (под ред. Минеева В.Г.) - М., 2001
- 2 Вильдфуш И.Р. и др. Агрохимия. – Минск, 2001
- 3 Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
- 4 Авдонин Н.С. Свойства почв и урожай. – М.: Колос, 1965
- 5 Агроэкологические принципы земледелия /Под ред.И.П.Макарова и А.П.Щербакова. – М.:Колос, 1993

**Лекция №5**

**5 Влияние минеральных удобрений на атмосферный воздух и воду**

**Лекция №6 Экологические проблемы при комплексном применении средств химизации в интенсивном земледелии.**

**Лекция №7 Органические удобрения и экологические вопросы их применения**

**Лекция №8 Нетрадиционные органические удобрения**

**Лекция №9 Местные производственные отходы, применяемые в качестве удобрений**

## **Лекция №10 Экологические аспекты длительного применения минеральных удобрений**

## **Лекция №11 Применение удобрений в сложных эрозионных ландшафтах**

## **Лекция №13 Качество растениеводческой продукции и применение удобрений**

### **Лекция №12**

## **ПОТРЕБЛЕНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ И ПУТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ**

### **1. Потребление питательных веществ растениями**

Известно, что высокоурожайные сорта и гибриды реализуют генетический потенциал лишь при условии бесперебойного обеспечения их азотом, фосфором, калием, микроэлементами. Весь процесс питания растений заключается в том, что зеленые растения из углекислого газа, воды и простых минеральных солей с помощью солнечной энергии и многочисленных ферментов образуют сложнейшие органические вещества, которые служат пищей для человека и животных. Это белки, жиры, углеводы, витамины и т. д.

Растения питаются через корни и листья, поэтому и различают воздушное и корневое питание. Это разделение на два вида питания растений условно, так как азот, фосфор, сера, углекислота и другие элементы могут поступать как через корни, так и через листья и успешно использоваться в синтезе органических соединений. Следовательно, оба вида питания растений тесно взаимосвязаны. Например, недостаток питательных веществ в почве задерживает образование органических соединений в листьях, что, в свою очередь, тормозит рост растений, снижает их продуктивность.

В состав растений входят почти все элементы периодической системы Д. И. Менделеева. В наибольшем количестве они поглощают макроэлементы - азот, фосфор, калий, кальций, магний, серу, содержание которых исчисляется целыми процентами или десятками долями. В меньших количествах растения потребляют микроэлементы, играющие важную роль в различных процессах обмена веществ: железо, бор, цинк, марганец, медь, молибден, кобальт, йод и др., содержание их в растении исчисляется сотыми и тысячными долями процента.

Каждый из элементов играет определенную физиологическую роль, а при недостатке какого-либо из них растения прекращают рост, заболевают, а при резком голодании погибают.

Растения могут для питания использовать в небольшом количестве и органические соединения: аминокислоты, сахара, сахарофосфаты и другие соединения почвы. Однако при использовании азота аминокислот внутри растения происходит их дезаминирование, и освободившийся аммиак подвергается дальнейшему превращению.

Питательные элементы поступают в растения через корни, мельчайшие корешки, корневые волоски, которые густой сетью опутывают почву и ее коллоидные частицы. Таким образом, между почвой и корневой системой растения существует тесный контакт. Благодаря этому контакту и происходит процесс обменной адсорбции, сущность которого состоит в следующем. Питательные элементы в виде ионов ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  и др.) поступают через корневую систему в обмен на ионы  $\text{H}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , расположенные на поверхности корневых волосков и образующиеся при дыхании корней.

Важно учесть, что поглощение питательных элементов корневой системой растений может происходить не только в обмен на ионы  $\text{H}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , образующиеся в процессе дыхания, но и на ионы органических и минеральных соединений, выделяемые корнями. Установлено, например, что корни растений выделяют лимонную, яблочную, щавелевую и другие органические кислоты, которые слабо диссоциируют, но все же, распадаются на  $\text{H}^+$  и органические анионы. Эти ионы находятся на поверхности корневых волосков и могут принимать участие в обменных реакциях на соответствующие катионы и анионы почвенного раствора.

С завершением жизненного цикла приостанавливается поступление питательных веществ в растения, прекращается использование катионов и анионов и наступает равновесие концентрации их на поверхности корневого волоска и в почвенном растворе, а также на поверхности коллоидных частиц. Поступившие в растения ионы в дальнейшем участвуют в сложных физико-химических и метаболических процессах синтеза сложных органических соединений. Эти процессы протекают в корнях и листьях растений.

При выращивании сельскохозяйственных растений необходимо получить как можно больше сухого вещества с единицы площади и принимая во внимание содержание воды в тканях растений, можно рассчитать какое количество сухих веществ будет в урожае тех или иных сельскохозяйственных культур.

Растения накапливают сухие вещества за счет усвоения углекислоты из воздуха и воды и минеральных солей из почвы. В составе сухих веществ сельскохозяйственных культур углерод в среднем составляет около 42–45%, кислород – 40–42% и водород – 6–7%, то есть на долю этих элементов, которые поступают в растения благодаря поглощению углекислого газа и воды, приходится в среднем 90–94% содержащихся сухих веществ. Образующиеся в процессе фотосинтеза растений органические вещества (белки, жиры, углеводы и др.) содержат углерод, водород, кислород и азот и эти четыре элемента называются *органогенными*. На долю остальных элементов (азот и другие) приходится лишь 6–10%. При сжигании растений остаются *зольные элементы*, к ним относятся фосфор, калий, кальций, магний, цинк, бор, сера и др. В агрохимии большинство химических элементов, входящих в состав растений, почвы и удобрений, принято учитывать в форме оксидов – соединений химических элементов с кислородом –  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , Ca и тд.

Содержание азота и зольных элементов в растениях зависит от биологических особенностей и условий выращивания и неодинаково в различных органах. Например, в корнях, стеблях и листьях больше зольных элементов, чем в семенах, в семенах бобовых культур накапливается больше азота, чем в семенах злаков.

#### **Содержание азота и золы в основных сельскохозяйственных культурах (в % от веса сухой массы)**

| Культура          | Продукция | N    | Зола |
|-------------------|-----------|------|------|
| Пшеница озимая    | зерно     | 2,80 | 1,73 |
|                   | солома    | 0,45 | 4,86 |
| Пшеница яровая    | зерно     | 3,40 | 2,32 |
|                   | солома    | 0,67 | 3,48 |
| Кукуруза на зерно | зерно     | 1,50 | 1,23 |
|                   | солома    | 0,80 | 4,37 |
| Ячмень            | зерно     | 2,10 | 2,55 |
|                   | солома    | 0,50 | 4,49 |
| Рис               | зерно     | 1,20 | 5,26 |
| Соя               | зерно     | 5,80 | 2,84 |
|                   | солома    | 1,20 | 3,23 |
| Хлопчатник        | семена    | 2,48 | 3,90 |
|                   | волокно   | 0,34 | 1,93 |

|                    |        |      |      |
|--------------------|--------|------|------|
| Свёкла<br>сахарная | корни  | 0,25 | 0,80 |
|                    | ботва  | 0,38 | 2,52 |
| Картофель          | клубни | 0,31 | 0,97 |
|                    | ботва  | 0,30 | 2,49 |
| Люцерна            | сено   | 2,70 | 6,29 |

Содержание азота в сухом веществе большинства культур колеблется в пределах от 1 до 3%, за исключением бобовых культур (соя). Содержание золы в растениях составляет 3–6%.

### Среднее содержание азота и зольных элементов в урожае важнейших сельскохозяйственных культур, %

| Культура           | Продукция | N    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO  | MgO  | Na <sub>2</sub> O | Fe    | SO <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> |
|--------------------|-----------|------|-------------------------------|------------------|------|------|-------------------|-------|-----------------|------------------|
| Пшеница            | зерно     | 2,80 | 0,85                          | 0,40             | 0,07 | 0,15 | 0,06              | 0,005 | 0,22            | 0,03             |
|                    | солома    | 0,45 | 0,19                          | 1,77             | 0,28 | 0,11 | 0,06              | 0,03  | 0,10            | 1,00             |
| Ячмень             | зерно     | 2,10 | 0,85                          | 0,55             | 0,10 | 0,16 | 0,10              | 0,02  | 0,30            | 0,90             |
| Гречиха            | зерно     | 1,8  | 0,60                          | 0,27             | 0,05 | 0,15 | 0,07              | 0,03  | -               | -                |
| Кукуруза           | зерно     | 1,8  | 0,57                          | 0,37             | 0,03 | 0,20 | 0,01              | 0,01  | 0,25            | 0,06             |
| Горох              | зерно     | 4,0  | 1,00                          | 1,25             | 0,10 | 0,15 | 0,02              | 0,006 | 0,43            | 0,33             |
| Соя                | зерно     | 5,80 | 1,04                          | 1,26             | 0,17 | 0,25 | 0,03              | -     | -               | -                |
|                    | солома    | 1,20 | 0,31                          | 0,50             | 1,46 | 0,06 | 0,07              | -     | -               | -                |
| Хлопчатник         | семена    | 2,48 | 1,27                          | 1,25             | 0,20 | 0,54 | 0,02              | -     | -               | -                |
|                    | волокно   | 0,34 | 0,24                          | 0,40             | 0,26 | 0,36 | 0,03              | -     | -               | -                |
| Свёкла<br>сахарная | корни     | 0,25 | 0,07                          | 0,31             | 0,11 | 0,06 | 0,06              | 0,002 | 0,02            | 0,01             |
| Картофель          | клубни    | 0,31 | 0,14                          | 0,60             | 0,03 | 0,06 | 0,02              | 0,003 | 0,08            | 0,03             |
| Морковь            | корни     | 0,18 | 0,11                          | 0,40             | 0,10 | 0,05 | 0,18              | 0,01  | 0,01            | 0,04             |

Большое значение имеет не только общее содержание золы в растениях, но и ее состав, потому что он в некоторой степени отражает неодинаковую потребность растений в элементах питания.

В агрохимической практике необходимо учитывать, что содержание элементов питания в растениях не остается постоянным, и оно значительно колеблется в зависимости от сортовых особенностей культур, почвенно-климатических условий, вносимых удобрений и других факторов, но определенные закономерности при этом сохраняются. Так, в золе семян всегда преобладает фосфор, в золе соломы – калий и кальций. Азота больше в семенах, чем в соломе. Клубни картофеля и корнеплоды, а также ботва очень богаты калием, а содержание азота в ботве выше, чем в корнеплодах.

Содержание элементов питания дает возможность приблизительно определить потребность растений в питательных веществах для формирования урожая.

В состав сухого вещества растений входит 90–95% органических соединений и 5–10% минеральных солей.

Основные органические вещества представлены в растениях белками, жирами, крахмалом, сахарами, клетчаткой, пектиновыми веществами.

Различные группы растений существенно различаются по требованию к оптимальной концентрации отдельных микроэлементов. Например, кукуруза, табак нуждаются в больших количествах цинка, зерновые – марганца, зернобобовые – молибдена, корнеплоды – бора и тд.

Химический состав растений в течение вегетационного периода изменяется. В начальные фазы роста и развития преобладают процессы поглощения минеральных веществ

над синтезом органических соединений. К примеру, зерновые к фазе колошения потребляют до 100% минеральных веществ, у картофеля максимальное поглощение питательных веществ отмечается в июле, у сахарной свёклы – в августе, тогда как синтез органических соединений, участвующих в формировании урожая, составляет около 60%. То есть, за счет этого растения создают запас минеральных веществ для фотосинтетической деятельности растений. К периоду созревания растения теряют некоторые запасы элементов, прежде всего калия, что объясняется отмиранием и опадом листьев, вымыванием дождями из надземных органов.

### Средний химический состав сельскохозяйственных культур, %

| Культура                | Вода | Белки | Сырой протеин | Жир  | Крахмал, сахар и др. углеводы, кроме клетчатки | Клетчатка | Зола |
|-------------------------|------|-------|---------------|------|--|-----------|------|
| Пшеница (зерно)         | 14   | 14    | 15            | 2,0  | 65   | 2,5       | 1,7  |
| Ячмень (зерно)          | 13   | 9     | 10            | 2,2  | 65   | 5,5       | 3,0  |
| Рис (очищенное зерно)   | 11   | 7     | 8             | 0,8  | 78   | 0,6       | 0,5  |
| Кукуруза (зерно)        | 15   | 9     | 10            | 4,7  | 66   | 2,0       | 1,5  |
| Гречиха (зерно)         | 13   | 9     | 11            | 2,8  | 62   | 8,8       | 2,0  |
| Соя (семена)            | 11   | 29    | 34            | 16,0 | 27   | 7,0       | 3,5  |
| Подсолнечник (ядра)     | 8    | 22    | 25            | 50   | 7  | 5,0       | 3,5  |
| Картофель (клубни)      | 78   | 1,3   | 2,0           | 0,1  | 17   | 0,8       | 1,0  |
| Сахарная свёкла (корни) | 75   | 1,0   | 1,6           | 0,2  | 19   | 1,4       | 0,8  |
| Кормовая свёкла (корни) | 87   | 0,8   | 1,5           | 0,1  | 9  | 0,9       | 0,9  |
| Морковь (корни)         | 86   | 0,7   | 1,3           | 0,2  | 9  | 1,1       | 0,9  |
| Лук репчатый            | 85   | 2,5   | 3,0           | 0,1  | 8  | 0,8       | 0,7  |

Особенности химического состава растений имеют большое практическое значение: с ними связаны цели возделывания и использование урожая тех или иных культур и качество урожая. Формирование урожая, его химического состава связано с определенной направленностью биохимических процессов обмена веществ у растений, которая зависит от условий их питания.

Соотношение биогенных элементов в растениях, используемых для создания сельскохозяйственной продукции, меняется в зависимости от культуры и структуры урожая. Например, для картофеля, подсолнечника, капусты, сахарной свёклы характерно большее потребление калия по сравнению с зерновыми культурами, клевер и конопля больше потребляют кальция. Соотношение питательных веществ неодинаково и в органах растений. В зерне в 4 раза больше содержится азота и фосфора, чем в соломе, а кальция и калия содержится в 2–3 раза больше, чем в зерне. Таким образом, на формирование урожая сельскохозяйственные растения используют элементы питания, количество которых определяет их **вынос**.

Вынос различают биологический и хозяйственный. **Биологический вынос** – количество питательных веществ, потребляемых растениями на создание всей биологической массы (основная и побочная продукция, пожнивные остатки, корни, опавшие листья). **Хозяйственный вынос** – количество питательных веществ, потребляемых растениями на создание основной продукции (зерно, корнеплоды) с учетом побочной (солома, ботва). **Остаточный вынос** – это питательные элементы, оставшиеся на поле с пожнивно-корневыми остатками, опавшими листьями, соломой, половой, перешедшие из корней в почву. Соотношение элементов питания, расходуемых на создание сельскохозяйственной продукции, может значительно меняться в зависимости от культуры и структуры урожая.

Например, при увеличении в биологическом урожае зерновых культур доли соломы на создание 1 тонны основной продукции (зерна) затрачивается значительно больше элементов питания. Для картофеля подсолнечника, сахарной свёклы характерно гораздо большее потребление калия по сравнению с зерновыми культурами. Величина выноса зависит от биологических особенностей культур, условий их выращивания.

Интенсивное применение удобрений значительно повышает потребление элементов питания возрастающими урожаями сельскохозяйственных культур.

### Вынос питательных веществ

| Культура               | Основная продукция | Вынос 1 т основной продукцией |                               |                  |
|------------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|
|                        |                    | N                             | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| Пшеница озимая, яровая | зерно              | 31–33                         | 10–12                         | 28–32            |
| Ячмень                 | зерно              | 25                            | 11                            | 20               |
| Кукуруза               | зерно              | 34                            | 10                            | 37               |
| Рис                    | зерно              | 22                            | 12                            | 28               |
| Горох                  | зерно              | 55                            | 15                            | 20               |
| Сахарная свёкла        | корнеплоды         | 4                             | 1,2                           | 7,5              |
| Картофель              | клубни             | 6                             | 1,5                           | 15               |
| Люцерна                | сено               | 23                            | 6                             | 15               |
| Капуста                | кочаны             | 3,3                           | 1,3                           | 4,4              |
| Морковь                | корнеплоды         | 3,2                           | 1                             | 5                |
| Томаты                 | плоды              | 2,6                           | 0,4                           | 3,6              |
| Табак                  | листья             | 20                            | 6                             | 55               |
| Кукуруза на силос      | зеленая масса      | 3,1                           | 1,5                           | 3,5              |

## 2. Пути получения экологически чистой продукции

При рассмотрении вопроса о качестве растениеводческой продукции особый интерес представляют, например, накопление углеводов, жиров, белков, аминокислотный их состав.

Проблема получения высококачественной сельскохозяйственной продукции непростая. К сожалению, в мире продукция реализуется без учета ее химического состава, что и определяет питательную ценность. В то же время условия выращивания культуры часто неидентичны. Поэтому требуются дополнительные затраты в хозяйствах, где основное внимание уделяется получению высокого урожая хорошего качества и товарного вида. Высокие урожаи — это не синоним высокого содержания элементов питания. Урожай с хорошо удобренных делянок может меньше содержать некоторых важных для здоровья элементов, чем культуры с малопродуктивными делянками. Это объясняется тем, что внесение удобрений может вызвать снижение содержания некоторых других элементов питания.

Для получения высококачественной продукции растения в соответствии с биологическими требованиями должны обеспечиваться необходимым количеством и соотношением биогенных элементов в процессе всей вегетации. Иными словами, они должны поступать с учетом периодичности питания растений, т. е. критических и максимального периодов потребления питательных веществ.

Когда речь заходит о качестве урожая, то отрицательным фактором применения минеральных удобрений считается возможное избыточное поступление в продукцию токсиантов.

Так, при применении азотных удобрений возможен риск накопления в избыточном количестве нитратов, нитритов, которые в кислой среде реагируют с вторичными аминами, образуя нитрозоамины. Эти соединения опасны тем, что обладают канцерогенными и мутагенными свойствами и могут вызвать онкологические заболевания, врожденные и мутагенные уродства.

Для предотвращения накопления избыточного количества нитратов в продукции растениеводства и получения экологически безопасных для человека продуктов необходимо учитывать комплекс условий и факторов, важнейшими из которых являются:

1. Оптимизация доз азотных удобрений с учетом исходных запасов минерального азота в почве и ее азотминерализующей способности

2. Оптимальное соотношение макроэлементов (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O) в применяемых удобрениях с учетом содержания их в почве. Важно также принимать во внимание содержание кальция и магния в почве.

3. Достаточное содержание в почве микроэлементов. Известно, что молибден активизирует нитратредуктазу, а марганец — нитритредуктазу. При синтезе белков железо, бор, сера и другие микроэлементы в растении снижают содержание нитратов.

4. Правильное сочетание в системе удобрения в севообороте органического, биологического и минерального азота. Минеральный азот в этом случае оптимизирует питание растений в процессе всей вегетации.

5. Подбор лучших форм минеральных удобрений. Известно, что нитратные формы азотных удобрений, внесенные в период интенсивного потребления азота растениями, способствуют большему накоплению нитратов в сравнении с амидными, аммиачными и медленно действующими формами азота.

6. Правильные сроки внесения азотных удобрений. Это особенно важно для овощных, бахчевых и кормовых культур. В процессе вегетации содержание нитратов в растениях снижается. Поэтому подкармливать овощебахчевые культуры, у которых потребляется вегетативная часть, нужно за 1,5-2 месяца до уборки урожая, чтобы растения смогли переработать поступившую нитратную форму азота.

7. Недостаточное освещение, избыточное увлажнение и пониженные температуры способствуют большему накоплению нитратов. При хорошем освещении активизируется деятельность фермента нитратредуктазы, улучшаются восстановление в растениях нитратов до аммония, синтез аминокислот и белков.

8. Использование ингибиторов нитрификации. Ингибирование нитрификационных процессов в почве увеличивает содержание в ней аммиачных форм азота, которые снижают количество нитратов в растениях.

9. Применение комплекса приемов по окультуриванию почв

10. Подбор сортов овощных культур с пониженной способностью накапливать нитраты в продукции.

Токсичные элементы, особенно тяжелые металлы, существенно снижают качество продукции, попадая в нее. Часто эти элементы содержатся в почвообразующих породах. В основе токсичного влияния тяжелых металлов на растение – денатурирующее действие их на метаболически важные белки. Так, цинк, кадмий, свинец на 50 % инактивируют большинство ферментов при концентрации 10<sup>-6</sup>- 10<sup>-4</sup>10 М. Если урожай снижается на 5-10%, то действие тяжелых металлов на сельскохозяйственные культуры отрицательно.

Токсичные примеси в минеральных удобрениях, попадают с сырьем для производства удобрений, а также в результате нарушения технологических процессов. С удобрениями в почву может поступить кадмия 1,6-9,4 г/га, мышьяка – 0,03-32,6 г/га . Поступление мышьяка в почву с минеральными удобрениями составляет 0,03-32,6 г/га с азотными. 0,6-477 г/га с фосфорными.

В Казахстане более экологически чистое сырье для производства минеральных удобрений, поэтому в почву с ними попадает меньше токсичных элементов.

Исходное сырье для производства фосфорных удобрений, которые используются в Казахстане – кольские апатиты и фосфориты Каратау — может иметь разное содержание тяжелых металлов в зависимости от геохимических особенностей месторождений этих пород.

**Содержание различных примесей в исходном сырье для получения удобрений, мг/кг**



| Сырье для фосфорных удобрений   | Mn   | Fe   | Ni | Co   | Cu | Zn  | Pb   | Cd   |
|---------------------------------|------|------|----|------|----|-----|------|------|
| Кольские апатиты                | 400  | 2100 | 60 | 47,0 | 6  | 140 | 16,0 | 0,14 |
| Фосфориты Каратау               | 1090 | 2210 | 7  | 12,3 | 5  | 25  | 16,0 | 0,04 |
| Флотационный концентрат Каратау | 1185 | 1400 | 5  | 15,0 | 11 | 35  | 12,5 | 0,03 |

Установлена довольно четкая закономерность в распределении изучаемых элементов: простые формы удобрений — сульфат аммония, сульфат калия имеют низкое содержание примесей. По мере усложнения форм удобрений от простого суперфосфата к двойному и от двойного суперфосфата к аммофосу содержание примесей увеличивается.

Один из частных вопросов — совершенствование технологии производства минеральных удобрений на принципе безотходности.

На наличие примесей большее влияние оказывают технологии производства, чем состав исходного сырья. Например, двойной аммонизированный суперфосфат из апатитового концентрата и концентрата Каратау по содержанию металлов различается несущественно.

#### Содержание примесей в двойном аммонизированном суперфосфате, мг/кг

| Двойной аммонизированный суперфосфат из | Mn  | Fe   | Ni  | Co   | Cu   | Zn   | Pb  | Cd   |
|---|-----|------|-----|------|------|------|-----|------|
| Апатитового концентрата                 | 700 | 5000 | 9,2 | 15,0 | 17,0 | 18,0 | 7,5 | 0,09 |
| Сырья Каратау                           | 400 | 2400 | 7,5 | 10,0 | 4,0  | 28,0 | 7,0 | 0,10 |

Простой, двойной суперфосфат, аммофос, полученные на разных заводах, значительно отличаются по содержанию никеля, меди, цинка, свинца и кадмия. Гомельский завод выпускает простой и двойной суперфосфат с повышенным содержанием кадмия и цинка; удобрения Уваровского завода имеют повышенное содержание меди, цинка, свинца, железа и марганца. Череповецкий завод выпускает аммофос с повышенным содержанием железа, меди, цинка и кадмия. Технология Воскресенского химического объединения предусматривает выпуск удобрений с низким содержанием меди, никеля, свинца и кадмия.

Особую роль в ослаблении токсичного действия тяжелых металлов и других химических элементов на растения и качество продукции играют органические удобрения как источник гумуса почвы. Именно гумус нейтрализует токсичные свойства тяжелых металлов.

Он связывает ионы кадмия, никеля и других металлов в комплексные соединения хелатного типа, т. е. малодоступные для растений формы, снижая их токсичность.

Вот почему важными агрономическими приемами, снижающими токсичность металлов почвы, являются все приемы повышения содержания гумуса: внесение различных органических удобрений, сидератов, заплата соломы и других растительных остатков в почву.

Агрохимической наукой разработаны и затем внедрены на практике приемы предотвращения потерь биогенных элементов за счет миграции и перевода тяжелых металлов в менее доступную для растений форму, что улучшает качество продукции. Это известкование почв, внесение навоза и других органических удобрений, а также минеральных фосфорных удобрений, которые образуют с тяжелыми металлами комплексы с хелатосоединениями, а также нерастворимые соли, не загрязняют продукцию растениеводства.

Исследование поступления токсичных элементов в растения позволило сделать следующие заключения.

1. Нет прямой связи между степенью загрязнения токсичными элементами и интенсивностью их поступления в растения.

2. Не все растения обладают одинаковой способностью поглощать и накапливать различные токсичные элементы.

3. Растения имеют физиолого-биохимические защитные механизмы (барьеры), препятствующие интенсивному поступлению токсичных металлов в них.

Калий также в большинстве случаев улучшает качество клубней, но при этом важно учитывать форму удобрения. Так, к примеру, хлоридные формы удобрений обычно ухудшают качество клубней картофеля. Особенно это проявляется на слабокультуренных почвах с низким содержанием фосфора и калия. На хорошо окультуренных почвах действие хлоридных и сернокислых форм калия на величину и крахмалистость клубней равноценно. В основных картофелеводческих хозяйствах при внесении невысоких доз калия (60-70 кг/га) на хорошем азотно-фосфорном фоне действие различных форм калия на качество клубней одинаковое.

Фосфорно-калийные удобрения несколько улучшают качество корнеплодов сахарной свеклы, так как способствуют меньшему накоплению в них растворимого азота и растворимой золы. Поэтому фосфор и калий оказывают действие на доброкачественность сока, противоположное азоту, особенно при недостаточном калийном питании растений.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какое значение имеют особенности химического состава растений в с/х практике?  
2. Как классифицируются элементы питания по физиологической значимости для растений?

3. Каким образом можно получать экологически чистую продукцию растениеводства?

#### **Литература:**

- 1 Агрохимия (под ред. Минеева В.Г.) - М., 2001
- 2 Вильдфлуш И.Р. и др. Агрохимия. – Минск, 2001
- 3 Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
- 4 Авдонин Н.С. Свойства почв и урожай. – М.: Колос, 1965
- 5 Агроэкологические принципы земледелия /Под ред.И.П.Макарова и А.П.Щербакова. – М.:Колос, 1993

### **Лекция №4**

#### **АЗОТНЫЕ УДОБРЕНИЯ И ВОПРОСЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ, ПУТИ ИХ УСТРАНЕНИЯ**

##### **1. Азотные удобрения, состав, свойства, способы получения, взаимодействие с почвой, особенности применения**

Промышленное производство азотных удобрений основано на получении синтетического аммиака из молекулярного азота атмосферы и водорода.

Азот получают, пропуская воздух через генератор с горящим коксом. Источником водорода служит природный, нефтяной и коксовый газы.

Из смеси азота и водорода при высокой температуре и давлении в присутствии катализаторов получают аммиак:  $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$

Газообразный аммиак путем охлаждения переводят в жидкий, и используют для производства аммонийных солей и азотной кислоты путем окисления кислородом.

Азотные удобрения выпускаются в твердом и жидком виде и делятся на 4 группы в зависимости от вида соединений азота в них:

- нитратные, содержащие азот в окисленной форме в виде солей азотной кислоты;

- аммиачные, содержащие азот в виде иона аммония, связанного с кислотным остатком;
- аммиачно-нитратные, содержащие азот в двух формах – аммиачной и нитратной;
- амидные – содержащие азот в амидной форме.

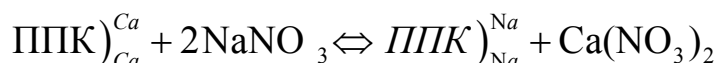
#### **Нитратные удобрения**

*Натриевая селитра*  $\text{NaNO}_3$  – содержит 15–16% азота, получается при производстве азотной кислоты из аммиака путем щелочной сорбции окислов азота.

Натриевая селитра – бесцветные кристаллы с сероватым или желтоватым оттенком, хорошо растворима в воде, практически негигроскопична. При хранении слеживаемость незначительная, сыпучесть удовлетворительная. Удобрение физиологически щелочное (используется азот, чем натрий).

Взаимодействие натриевой селитры с почвой.

Натриевая селитра, быстро растворяясь в почвенном растворе, вступает в обменные реакции с почвенным поглощающим комплексом по схеме:



Катион натрия поглощается почвой, а нитрат-ион образует с вытесненным из ППК катионом кальция растворимую нейтральную соль.

Нитратный азот не подвергается физико-химическому или химическому поглощению. Его связывание происходит только биологически. Поэтому нитратный азот сохраняет высокую подвижность в почве, что в условиях влажного климата или при орошении на легко дренируемых почвах (подстилаемых галечником) влечет за собой его вымывание. Вследствие чего следует учитывать сроки внесения этого удобрения.

Предпочтительно вносить его в рядки и для подкормки посевов озимых и пропашных культур. Рекомендуется под все сельскохозяйственные культуры, но преимущественно под сахарную свёклу, корнеплоды.

Натриевую селитру нельзя вносить на засоленных почвах и солонцах.

*Кальциевая селитра*  $\text{CaNO}_3$  – содержит 14–17,5% азота. Получают путем поглощения известковым молоком отбросных нитрозных газов в процессе производства азотной кислоты.

Кристаллическая соль белого или желтоватого цвета, хорошо растворима в воде, отличается высокой гигроскопичностью и слеживаемостью поэтому для улучшения физических свойств к кальциевой селитре прибавляют гашеную известь.

Кальциевая селитра – физиологически щелочное удобрение. С почвой взаимодействует также как и натриевая селитра. Это удобрение также лучше использовать в подкормки. Хороший эффект дает весенняя подкормка озимых зерновых.

#### **Аммиачные удобрения**

*Сульфат аммония*  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  – сернокислый аммоний – содержит 20–21% азота. Побочный продукт коксования металлургических и химических заводов.

Мелкокристаллическая соль белого цвета, отличается хорошими физическими свойствами: небольшая гигроскопичность, не расплывается на воздухе, сохраняет рассыпчатость, мало слеживается при хранении, хорошо рассеивается.

В почве быстро растворяется в воде и вступает в обменные реакции с ППК. При этом ион аммония быстрее поглощается почвой, чем сульфат-ион, что способствует подкислению раствора, физиологически кислое удобрение.

Наиболее эффективно удобрение на почвах, насыщенных основаниями – черноземах, каштановых, сероземах. Поглощенный аммоний не вымывается из почвы и поэтому удобрение вносится преимущественно до посева в качестве основного весной и осенью. Эффективен для культур наименее чувствительных к кислотности – овес, озимая пшеница, картофель. Хорошее удобрение для риса, приспособленного к аммиачному типу пита-

ния. Наиболее отзывчивыми культурами на сульфат аммония являются табак, крестоцветные.

*Сульфат аммония-натрия*  $(NH_4)_2SO_4 \cdot Na_2SO_4$ . Это удобрение отход производства капролактама. Кристаллическая соль, окрашенная органическими примесями в желтоватый цвет, содержит не менее 16% азота, хорошо растворима в воде, слабо слеживается, хорошо распыляется. При внесении в почву проявляет физиологическую кислотность. Применяется для основного и припосевного внесения и в подкормку. На черноземах, каштановых почвах и сероземах эффективно под сахарную свёклу, картофель, столовую свёклу.

*Хлористый аммоний*  $NH_4Cl$  – содержит 24–25% азота, побочный продукт содового производства. Мелкокристаллическая соль белого или желтоватого цвета, хорошо растворима в воде, обладает хорошими физическими свойствами. При внесении в почву быстро растворяется в воде и вступает в обменные реакции с ППК, физиологически кислое удобрение. На слабо буферных почвах возможно развитие процессов вторичного засоления и ослабление нитрификации. Высокое содержание хлора (66,6%) отрицательно сказывается на растениях и приводит к снижению качества урожая культур, чувствительных к хлору (табак, картофель, виноград, гречиха, лук, капуста). Целесообразно применять на почвах с рН 7–8 под сахарную свёклу, хлопчатник, рис, кукурузу под основную обработку осенью.

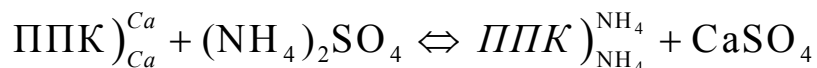
*Карбонат аммония*  $(NH_4)_2CO_3$  – содержит 21–24% азота. Получается насыщением аммиачной воды углекислым газом с последующей отгонкой карбоната аммония при температуре 70–80<sup>0</sup>С, очень нестойкое азотное удобрение, на воздухе разлагается с выделением аммиака и двуокси углерода в присутствии паров воды.

*Жидкий аммиак* – высококонцентрированное удобрение с содержанием азота 82,3%. Получают сжижением газообразного аммиака под давлением.

Прозрачная или желтоватая жидкость, очень летучая. Жидкий аммиак вносят весной и осенью, во избежание потерь в виде газа необходима заделка на глубину 12–16 см на суглинистых и на 16–20 см на супесчаных почвах. Аммиак, внесенный осенью при низких температурах, не вымывается, фиксируется почвой, весной при повышении температуры окисляется до нитратов. Жидкий аммиак хорошо доступен для растений, потенциально физиологически кислое удобрение, используется под все культуры в качестве основного удобрения и подкормки специальной системой машин и оборудования.

*Аммиак водный (аммиачная вода)* – содержит 20,5% азота, прозрачный раствор с желтоватым оттенком с резким запахом. Лучше закрепляется на тяжелых почвах, после нитрификации приобретает большую подвижность, мигрируя с почвенным раствором. На почвах легкого механического состава возможны потери аммиака, рекомендуется заделывать на глубину 10–12 см на суглинках и 12–15 на супесчаных почвах. Аммиачная вода физиологически кислое удобрение, рекомендуется в качестве основного удобрения и для подкормки. Является эффективной формой азотных удобрений под пропашные культуры, хлопчатник, сахарную свёклу.

После внесения в почву аммиачные формы азотных удобрений быстро растворяются в воде и вступают в реакцию обменного поглощения с почвенно-поглощающим комплексом:



Способность почвы поглощать аммоний имеет существенное значение, так как, находясь в поглощенном состоянии, ион аммония приобретает меньшую подвижность и тем самым устраняется опасность вымывания азота даже в условиях сильного увлажнения почвы. Кроме того, поглощенный аммоний хорошо усваивается растениями.

Но малая подвижность иона аммония может иметь и отрицательное значение. Так, при внесении аммиачных удобрений в подкормку или в рядки при посеве, когда требуется немедленное проявление эффекта от удобрения, может затрудниться полное использова-

ние растениями внесенного азота. В начальный период роста и развития растение не имеет сильно развитой корневой системы, пронизывающей почву во всех направлениях и корешок не всегда попадает в зону, обеспеченную азотной пищей даже при самом тщательном рассеве аммиачные удобрения размещаются в почве очагами, локально.

Несмотря на физиологическую кислотность аммиачных удобрений их длительное применение на карбонатных почвах не вызывает неблагоприятных изменений, так как кислотные остатки, полностью нейтрализуются с образованием бикарбонатов.

#### **Аммиачно-нитратные удобрения**

*Аммиачная селитра*  $NH_4NO_3$  – содержит 34,2–34,6% азота. Естественный побочный продукт на заводах синтетического аммиака. Бесцветные кристаллы с желтоватым оттенком или гранулы, хорошо растворимы в воде, гигроскопичны, сильно слеживаются.

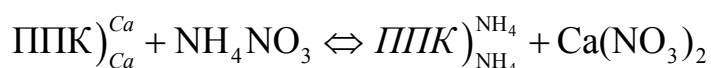
Хранят в водонепроницаемой таре, сухом помещении. Нельзя смешивать с органическими удобрениями: соломой опилками во избежание самовозгорания и взрыва. При добавлении к аммиачной селитре тонко измельченного известняка или мела получают известково-аммиачную селитру с содержанием азота 17–22%, которая имеет лучшие физические свойства, не взрывоопасно.

Аммиачная селитра концентрированное универсальное удобрение, в котором удачно сочетается быстро действующий нитратный азот с менее подвижным аммиачным азотом в равных количествах. Это обстоятельство выгодно отличает аммиачную селитру среди других азотных удобрений. При внесении одинаковой дозы аммиачной селитры и натриевой селитры концентрация азота в почвенном растворе в первом случае будет ниже, чем во втором, потому что часть азота аммиачной селитры в форме иона аммония поглотится почвенно-поглощающим комплексом, при этом он останется доступным для растений.

Применяется во все сроки в качестве допосевого (основного) удобрения, в рядки и лунки при посеве, в подкормку в период вегетации. Используется в первую очередь под интенсивные и ценные продовольственные культуры: зерновые, картофель, овощи, хлопчатник, сахарную свёклу, лен, табак.

Аммиачная селитра – лучшее удобрение для подкормки озимых культур, многолетних трав и пастбищ.

При внесении в почву аммиачная селитра растворяется в почвенной влаге, катионы аммония вступают в реакцию обменного поглощения с почвенно-поглощающим комплексом, а нитрат-ион остается в почвенном растворе, сохраняя высокую подвижность:



*По воздействию на почву – физиологически кислое удобрение. В случае неравномерного внесения в почве могут создаваться очаги с повышенной кислотностью, что носит временный характер. С поглощением нитратного азота растениями подкисление исчезает. Однако физиологическая кислотность намного ниже, чем, к примеру, у сульфата аммония.*

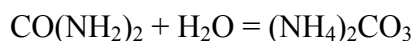
#### *Амидные удобрения*

*Мочевина (карбамид)*  $CO(NH_2)_2$ – содержание азота 46%. Получают путем взаимодействия углекислого газа с аммиаком при высоком давлении и температуре.

Это белая кристаллическая соль, хорошо растворима в воде, менее гигроскопична, чем аммиачная селитра, выпускается в гранулированном виде для улучшения физических свойств. Мочевина – концентрированное безбалластное удобрение, азот которого легко усваивается растениями.

Мочевина – потенциально физиологически кислое удобрение, в почве под действием воды и фермента уреазы превращается в карбонат аммония, затем  $NH_4^+$  нитрифицируется с образованием азотной кислоты, что приводит к подкислению почвенного раствора.

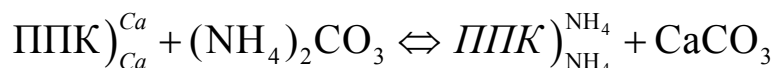
В почве мочевина подвергается гидролизу с образованием углекислого аммония:



Углекислый аммоний как непрочное соединение разлагается с образованием бикарбоната аммония и аммиака:



Далее они вступают в реакцию обменного поглощения с почвенно-поглощающим комплексом:



При внесении мочевины без заделки в почву, если нет осадков, часть азота в виде аммиака может теряться.

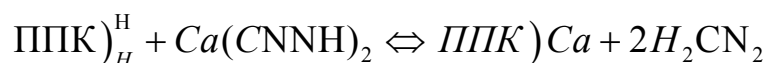
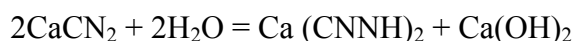
Используется в качестве допосевого удобрения. При внесении в рядки при посеве возможно замедление прорастания и появления всходов, ввиду временного повышения концентрации аммиака. Следует избегать совместного высева мочевины с семенами зерновых культур и их заделки вблизи клубней картофеля. 15–20% раствор мочевины применяется при ранневесенней подкормке озимых и некорневой подкормки яровых зерновых культур в фазе налива зерна с целью повышения содержания белка. Удобрение эффективно и для поверхностной подкормки риса в условиях затопления, в качестве удобрения под сахарную свёклу, хлопчатник, картофель и др.

*Цианамид кальция*  $\text{CaCN}_2$  – содержит 20–21% азота. Получают связыванием азота карбидом кальция при высокой температуре.

Легкий порошок черного или темно-серого цвета. При перегрузках или рассеивании сильно пылит, оказывая негативное влияние на человека (разъедание кожи, воспаление слизистых оболочек и др.), сильно гигроскопично.

Удобрение не имеет широкого распространения из-за высокой себестоимости. Кроме того, оно ядовито для растений и вносят его только под вспашку за 10–14 дней до посева или культивацию. Применяют в основном для дефолиации (предуборочное удаление листьев) хлопчатника и отчасти как гербицид в посевах зерновых против двудольных сорняков.

Взаимодействие с почвой происходит по схеме:



*Карбамид-аммиачная селитра (КАС)* – концентрированный раствор карбамида и аммиачной селитры с содержанием азота 25–32%. Является одним из перспективных удобрений. Растворы КАС – хорошее однокомпонентное азотное удобрение, на основе которого могут быть приготовлены комплексные удобрения с добавлением микроэлементов. КАС можно использовать под все культуры в качестве основного удобрения и для подкормки.

*Мочевинно-формальдегидные удобрения* – МФУ, или уреаформ – медленно действующее удобрение с содержанием азота 37–40% представляющее собой смесь метиленмочевин, которые варьируют от водорастворимых молекул с короткими цепями до нерастворимых в воде молекул с длинными цепями, например:

$\text{NH}_2\text{CONHCH}_2\text{NHCONH}_2$  – метилендимочевины

$\text{NH}_2\text{CONH}(\text{CH}_2\text{NHCONH})_n\text{CH}_2\text{NHCONH}_2$  – полиметиленмочевины

Плохо растворимые в воде удобрения, азот которых переходит в усвояемую для растений форму постепенно. Его получают путем реакции конденсации мочевины с формальдегидом, выпускается в виде порошка и гранул. Эти удобрения можно вносить высокими дозами, в запас, особенно под хлопчатник, рис, один раз в год или в два-три года, не опасаясь вымывания даже при избыточном увлажнении почвы. Однако, это очень дорогое удобрение и не нашло широкого применения в сельском хозяйстве.

Эффективность азотных удобрений определяется обеспеченностью почв подвижными формами азота и повышается от черноземов к каштановым и серозёмным почвам и зависит от условий увлажнения.

## 2. Азотные удобрения и экология

При внесении больших доз азотных удобрений, глубоко затрагиваются процессы азотного метаболизма в почвах: значительно усиливается минерализация природных запасов органических азотистых соединений, в результате которой в почвах могут не использоваться избыточные количества минерального азота (преимущественно нитратов), тогда как медленное разложение гумуса обеспечивает постепенное поступление соединений азота и сохранение плодородия почвы. Дополнительно минерализованный азот вместе с остаточными количествами удобрений может безвозвратно теряться вследствие *денитрификации* и вымывания нитратов. Последний фактор крайне нежелателен, так как может привести к нитратному загрязнению природных вод. Допустимая доза азотных удобрений, обеспечивающая безопасность грунтовых вод – 120 кг/га.

Повышение в водоемах концентрации питательных элементов вызывает эвтрофикацию водоемов. *Эвтрофикация* – это обогащение вод питательными элементами, прежде всего азотом и фосфором, антропогенным или естественным путем. Наиболее нежелательное последствие этого явления – чрезмерный рост водорослей, которые отмирая, подвергаются анаэробному бактериальному разложению, вызывая дефицит кислорода, а, следовательно, гибель рыбы и других водных животных.

Также одним из отрицательных моментов при применении азотных удобрений и избыточном содержании азота в почве может быть процесс нитрификации – окисление аммиачных солей до азотной кислоты (вторая фаза), которой за год в почве может образоваться до 100 мг/кг почвы или 300 кг/га.

При применении азотных удобрений не следует забывать, что при несоблюдении рекомендаций по их внесению в растениях накапливаются в избыточном количестве нитраты, нитриты, которые в кислой среде реагируют с вторичными аминами, образуя нитрозоамины. Следует иметь в виду, что токсичность нитратов относительно невысокая, а их негативное действие обусловлено нитритами — продуктом восстановления нитратов микрофлорой пищеварительного тракта и тканевыми ферментами. Степень токсичности нитритов в 10-20 раз выше нитратов. Когда говорят о токсичности нитратов, подразумевают суммарное действие  $\text{NO}_2$  и  $\text{NO}_3$ , которое выражается в различных формах.

Опасность избыточного накопления нитратов в продукции растениеводства усугубляется возможностью эндогенного синтеза канцерогенных **нитрозосоединений**, а также эмбриотоксического и мутагенного действия промежуточных продуктов метаболизма нитратов.

Поэтому особенно нежелательно несбалансированное питание растений при избытке минерального азота в питательной среде. В этом случае он может накапливаться в растениях в свободном состоянии в результате нарушения процессов редукции нитратов. Высокое содержание нитратов в продуктах и кормах значительно снижает их качество. Это связано с метаболизмом азота в процессе питания. Первый промежуточный продукт вос-

становлеымя нитратов — нитриты. Если растения обычно не страдают от избытка в них нитратов, то эти соединения весьма токсичны для организма животного и человека. Это объясняется тем, что образующиеся при восстановлении нитратов нитриты переводят двухвалентное железо гемоглобина в трехвалентное, получающийся при этом метгемоглобин красных кровяных телец не способен быть переносчиком кислорода. Нитриты также способны вступать в необратимую реакцию с гемоглобином, образуя при этом нитрогемоглобин, который также не может быть переносчиком кислорода. В результате наблюдается “удушь” всех тканей организма.

Следует подчеркнуть, что в здоровых растениях при нормальном азотном питании нитраты и нитриты в свободном состоянии не накапливаются. Поступив в растения, они подвергаются процессам восстановления под действием нитратредуктазы и нитритредуктазы. Полученное промежуточное соединение — гидроксиламин или аммиак — связывается с органическими кислотами, которые превращаются в аминокислоты. Следовательно, нитраты могут накапливаться при избыточном их количестве в почве и при нарушении биологических процессов в растении.

Нитрозоамины — весьма токсичные соединения, обычно накапливаются в любой среде при наличии азотистой кислоты и вторичных аминов. Одной из причин их образования является внесение чрезмерно высоких доз азота. В этом случае нитриты могут поглощаться растениями, реагировать с вторичными аминами и образовывать токсичные нитрозоамины.

В то же время нужно помнить, что повышенное накопление нитратов в почве и растениях происходит не только и даже не столько из-за использования минеральных удобрений, а прежде всего в результате интенсивной минерализации органического вещества почвы, особенно при хорошей их окультуренности.

Проблема качества продукции усугубляется при попытке получить высокий урожай любой ценой, особенно передозировкой азотных удобрений, без учета других факторов и законов земледелия. Следовательно, при планировании урожая на 5-10 % ниже максимального за счет применения меньшей дозы минерального азота содержание нитратов может быть уменьшено в 2-2,4 раза.

Нужно иметь в виду, что повышенное накопление нитратов в растениях может происходить не только под влиянием высоких доз азотных удобрений, но и на высокогумусированных почвах, если создаются благоприятные условия для минерализации органического вещества и мобилизации почвенного

Таким образом, применение высоких доз минерального азота, несбалансированное азотное питание, нарушение сроков внесения азотных удобрений без учета биологических особенностей возделываемых культур и складывающихся климатических условий часто приводят к повышению содержания нитратного и нитритного азота в урожае. Это особенно относится к овощным, бахчевым и кормовым культурам, картофелю и свекле.

Для оптимизации азотного питания растений необходимо соблюдать сроки внесения азотных удобрений в соответствии с биологическими требованиями растений. Это особенно важно при удобрении овощей и культур, у которых на питание используются вегетативные части. В процессе вегетации содержание нитратов в растениях снижается, поэтому убирать, особенно овощные культуры, необходимо в оптимальные сроки, а подкармливать азотом за 1,5—2 месяца до уборки урожая, чтобы растения смогли переработать поступившую нитратную форму азота.

### **Контрольные вопросы:**

1. Какова роль азота в жизни растений?
2. Расскажите о классификации азотных удобрений?
3. На чем основана технология производства азотных удобрений?
4. Какие из азотных удобрений нельзя применять на солонцовых почвах?
5. В чем заключается отрицательное воздействие азотных удобрений на окружающую среду?
6. Что такое нитрозоамины?



7. Каким образом можно исключить негативные последствия применения азотных удобрений?

Литература:

- 1 Агрохимия (под ред. Минеева В.Г.) - М., 2001
- 2 Вильдфуш И.Р. и др. Агрохимия. – Минск, 2001
- 3 Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
- 4 Авдонин Н.С. Свойства почв и урожай. – М.: Колос, 1965
- 5 Агроэкологические принципы земледелия /Под ред.И.П.Макарова и А.П.Щербакова. – М.:Колос, 1993

## Лекция №5

### ФОСФОРНЫЕ УДОБРЕНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

#### 1. Фосфорные удобрения, получение, состав, свойства

Сырьем для производства фосфорных удобрений являются природные залежи фосфатного сырья – фосфориты и апатиты.

Апатит – изверженный минерал, широко распространенный в дисперсном состоянии в материнских породах. Самое крупное месторождение апатито-нефелиновой породы находится в России в отрогах Хибинских гор Кольского полуострова. Апатитово-нефелиновая руда этого месторождения залегает мощными сплошными пластами и состоит из двух минералов: фтор апатита  $[Ca_5F(PO_4)_3]$  и нефелина  $(K, Na)_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 + nSiO_2$ .

Фосфориты широко распространены в природе и их залежи приурочены к осадочным породам, главным образом морского происхождения. Образование фосфоритов происходит при минерализации скелетов живых существ, населявших Землю в отдаленные геологические эпохи и при осаждении фосфорной кислоты кальцием из воды. Источником фосфора для образования фосфоритов являлись горные породы суши, содержащие в своем составе фосфор. В процессе выветривания горных минералов фосфорные соединения переходили в растворимое состояние, и вместе с водами рек фосфор выносился в море. Затем в море фосфаты поглощались растительными организмами, которые впоследствии поедались животными, населяющими море. После отмирания животные и растительные организмы падали на дно и разлагались с освобождением фосфора в виде минеральных соединений. В результате разложения концентрация растворимых фосфатов повышалась, и они выпадали в осадок в виде малорастворимых фосфатов кальция.

Фосфориты помимо соединений фосфорной кислоты в виде соединений типа апатита, содержит углекислую известь, песок, глину и др.

Фосфориты встречаются как кристаллические, так и аморфные, которые легче поддаются разложению и залегают в виде желваков, залегающих среди остальной породы.

Месторождения фосфоритов имеются в США, Марокко. Широко известны месторождения в России (Вятско-Камское, Егорьевское, Курское, и др.), на Украине. Наиболее ценное месторождение находится в Казахстане в г.Каратау, есть месторождения фосфоритов и в г.Актобе.

Ценность фосфоритов Каратау заключается в том, что они залегают мощными пластами сплошной горной породы, отличаются высоким содержанием  $P_2O_5$  до 26 – 29%, невысоким содержанием полуторных окислов, что важно при переработке на суперфосфат.

Фосфорные удобрения в зависимости от степени растворимости и доступности растениям делятся на:

1. хорошо растворимые в воде – суперфосфат простой и двойной, суперфосфат аммонизированный, аммофос, диаммофос;

2. растворимые в слабых кислотах или щелочном нитратном растворе – обесфторенный фосфат, преципитат, фосфатшлак, томасшлак, термический фосфат;
3. нерастворимые в воде и почти нерастворимые в слабых кислотах – фосфорная и костная мука.

*Суперфосфат простой*  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$  – с примесью свободной фосфорной кислоты получают путем разложения апатита или фосфорита серной кислотой с содержанием фосфора соответственно 19,5 и 14–15%.

Поскольку суперфосфат простой готовится простым смешиванием фосфорита и серной кислоты, а образовавшиеся при реакции побочные продукты не удаляются из смеси, то концентрация фосфора в этом удобрении почти в два раза меньше, чем в исходной руде и суперфосфат почти наполовину состоит из гипса.

Суперфосфат простой – это основное фосфорное удобрение, на долю которого приходится около половины мирового производства фосфорных удобрений. Суперфосфат из фосфоритов Каратау выпускают порошковидный и гранулированный. Физиологически кислое удобрение. На нейтральных и слабощелочных почвах переходит в менее растворимые формы фосфатов кальция различной степени доступности растениям. Часть фосфатов поглощается почвенными коллоидами и используется микроорганизмами. Гранулированный суперфосфат (14%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) обладает хорошими физическими свойствами. В отличие от порошковидного при внесении в почву меньше соприкасается с ее частицами, что уменьшает переход водорастворимого монокальция фосфата в трудно растворимые формы. Можно вносить любым способом как в качестве основного удобрения, в рядки при посеве и в подкормку. Особенно эффективен при рядковом внесении.

*Двойной суперфосфат*  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_3\text{PO}_4$  – универсальное высоко концентрированное удобрение с содержанием фосфора от 42 до 49% в зависимости от сорта. Получают извлечением свободной фосфорной кислоты из апатитов или фосфоритов с последующей обработкой фосфорной кислотой новой порции сырья.

Выпускается в гранулированном виде, меньше порошкообразном. По эффективности считается равноценным простому суперфосфату. Однако при систематическом внесении двойного суперфосфата на почвах со слабой обеспеченностью серой и под культуры с повышенной потребностью к фосфору действие его ниже, чем простого суперфосфата. В таких случаях рекомендуется сочетать его с азотными и калийными удобрениями, содержащими серу. Основная масса фосфора находится в легкоусвояемой форме монокальция фосфата, хорошо растворимого в воде. Это позволяет использовать его на любых почвах, вносить под любые культуры.

*Обогащенный суперфосфат*  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_3\text{PO}_4$  – содержит 24–25% фосфора, продукт обогащения простого суперфосфата фосфорной кислотой.

Занимает промежуточное положение между простым и двойным суперфосфатом, содержит меньше гипса, чем простой суперфосфат, можно применять на всех почвах и под все культуры.

*Преципитат*  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – мелкий белый или светло-серый порошок, с хорошими физическими свойствами. Получают путем осаждения фосфорной кислоты известковым молоком или мелом.

Хорошо используется растениями, содержание фосфора от 27 до 37% в зависимости от качества исходного сырья. Удобрительная ценность близка к суперфосфату. В качестве припосевного удобрения не пригодно из-за отсутствия в нем водорастворимых фосфатов.

*Обесфторенный фосфат*  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{CaOP}_2\text{O}_5\text{CaSiO}_3$  – светло-серый тонко размолотый порошок. Получают бескислотным способом путем прокалывания сырья с добавлением 2-3% кремнезема и извести в присутствии водяных паров при очень высокой температуре. При этом удаляется до 90% фтора.

Это концентрированное фосфорное удобрение с содержанием доступного фосфора 20–22%. Не слеживается при хранении и транспортировке. При внесении в качестве основного

удобрения на нейтральных и щелочных почвах близко по эффективности к суперфосфату. Для припосевного внесения не пригодно. Больше используется в качестве минеральной подкормки животным.

*Томасилак* – побочный продукт при производстве стали и железа из богатого фосфором чугуна. Этот процесс сделал возможным немецкий ученый Томас, который говорил «фосфор металлургов – враг, земледельцев – друг».

Сильнощелочной сухой рассыпчатый порошок темного цвета, содержащий 10–12% лимонно-растворимого фосфора. Его следует применять только как основное удобрение. Наилучшее действие его на кислых почвах.

*Фосфатилак* – побочный продукт металлургической промышленности.

Порошок темно – серого цвета, содержащий 16–19% фосфора, а также микроэлементы молибден, марганец, медь, кобальт. Не пригодно для рядкового внесения и в подкормки.

*Фосфоритная мука*  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3$  – тонко размолотые природные фосфориты или продукты обогащения без какой-либо переработки темно-серого цвета с бурым оттенком.

Содержание фосфора не менее 19–22%. В воде не растворимо, слабо поглощает влагу, хорошо хранится и рассеивается. Это удобрение пригодно только в качестве основного удобрения, при внесении под пахоту на почвах с повышенной кислотностью.

## **2. Экологически эффективные технологии применения фосфорных удобрений**

В отличие от азота, экологические проблемы, связанные с ускорением круговорота **фосфора**, обусловленным антропогенной деятельностью, имеют свои особенности. Во-первых, они приурочены исключительно к водной сфере; во-вторых, избыточные концентрации фосфора в природных водах не являются токсичными для живых организмов, в-третьих, проблемы, связанные с попаданием фосфора в воды могут возникать только локально, вследствие тенденции этого элемента к концентрации на отдельных относительно небольших территориях.

Фосфор обладает малой подвижностью и внесенный в почву с фосфорными удобрениями, практически не вымывается из нее. Даже при поверхностном внесении вымывание фосфора не превышает 1% от внесенного. Основным источником загрязнения фосфором водоемов является не сельское хозяйство, а промышленные и бытовые стоки. Доля сельского хозяйства в загрязнении вод фосфором не превышает 10-15 %. Особенно массивным источником загрязнения этим элементом стали в последнее время моющие средства, содержащие полифосфаты. Значительное накопление фосфата в водоемах также способствует эвтрофикации водоемов.

Негативным экологическим последствием интенсивного применения фосфорных удобрений является опасность накопления тяжелых металлов, входящих в их состав и обладающих высокой токсичностью и способностью накапливаться в живых организмах. Тяжелые металлы – это элементы, плотность которых больше  $6 \text{ г/см}^3$ , а атомная масса больше 40. К ним относят кадмий, ртуть, свинец, мышьяк, никель, медь, цинк, хром и др. Появление в литературе термина «тяжелые металлы» было связано с проявлением токсичности некоторых металлов и опасности их для живых организмов. Однако в группу «тяжелых» вошли и некоторые микроэлементы, жизненная необходимость и широкий спектр биологического действия которых неопровержимо доказаны.

Различия в терминологии в основном связаны с концентрацией металлов в природной среде. С одной стороны, концентрация металла может быть избыточной и даже токсичной, тогда этот металл называют «тяжелым», с другой стороны, при нормальной концентрации или дефиците его относят к микроэлементам. Таким образом, термины микроэлементы и тяжелые металлы – категории, скорее всего качественные, а не количественные, и привязаны к крайним вариантам экологической обстановки.

Для организма вреден как избыток, так и недостаток микроэлементов. Например, атеросклерозу сопутствует повышенное содержание в крови марганца, ишемическая бо-

лезнь сердца и гипертонический криз сопровождаются пониженным содержанием цинка, а такой, казалось бы, опасный элемент как кадмий даже в мизерных дозах необходим человеку – от 4 до 84 мг/сутки. В то же время его чрезмерное поступление вызывает заболевания почек, гипертонию, поражение кожи, нервной системы. Свинец также является тяжелым металлом, вызывающим даже в малых концентрациях отравление организма и вызывает поражение органов кроветворения, нервной системы, почек, однако жизненно необходим живому организму.

В минеральных удобрениях тяжелые металлы являются естественными примесями, содержащимися в агрорудах, поэтому их количество зависит от исходного сырья и технологии его переработки. Чаще всего повышенное содержание примесей тяжелых металлов наблюдается в удобрениях, полученных с помощью экстракционной фосфорной кислоты – аммофосы, аммофоски, нитрофосы, нитрофоски, двойные суперфосфаты.

#### Содержание тяжелых металлов в удобрениях, мг/кг (Попова А.А. и др. 1991)

| Виды удобрений                      | Cd   | Pb    | Zn   | Cu   |
|-------------------------------------|------|-------|------|------|
| Мочевина                            | 0,24 | 1,30  | 6,0  | 0,8  |
| Аммофос                             | 0,11 | 0,61  | 8,0  | 45,5 |
| Суперфосфат простой гранулированный | 3,50 | 4,25  | 19,3 | 14,3 |
| Двойной суперфосфат                 | 2,60 | 32,40 | 28,8 | 15,4 |
| Калий хлористый                     | 4,25 | 12,5  | 12,3 | 4,5  |
| Калийная соль                       | 0,21 | 1,22  | 1,1  | 3,3  |

Содержание кадмия в фосфатах США (Флорида) составляет 13 мг/кг, в фосфатах из Израиля и стран Северной Африки – 25-50 мг/кг, а из Сенегала – более 70 мг/кг. Фосфорные удобрения из такого сырья содержат 10-170 мг кадмия на 1 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, и в почву с ними может поступить от 0,3 до 50 г/га кадмия в год, что ведет к загрязнению и представляет серьезную опасность.

#### Виды примесей, в составе суперфосфата (Франсуа Рамад, 1981)

| Элементы | Содержание, мг/кг | Элементы | Содержание, мг/кг |
|----------|-------------------|----------|-------------------|
| Мышьяк   | 1,2–2,2           | Свинец   | 7–92              |
| Кадмий   | 50–170            | Никель   | 7–32              |
| Хром     | 66–243            | Селен    | 0–4,5             |
| Кобальт  | 0–9               | Ванадий  | 20–180            |
| Медь     | 4–79              | Цинк     | 50–1430           |

Содержание кадмия в фосфатном сырье, добываемом в России и Казахстане, составляет 0,4-0,6 мг/кг. Такие фосфорные удобрения не представляют опасности. Фосфорные удобрения могут стать источником загрязнения почв такими радиоактивными элементами, как уран, торий и радий. Известно, что в некоторых штатах США концентрация <sup>238</sup>U в почвах за 80 лет применения фосфорных удобрений увеличилась в 2 раза. Отечественные фосфорные удобрения, полученные из фосфорита Каратау и апатита Хибинского месторождения, отличаются невысоким содержанием урана, тория.

В качестве удобрений и мелиорантов в сельском хозяйстве используются фосфогипс, томасшлак, зола каменного угля, цементная пыль, которые также содержат тяжелые металлы. В фосфогипсе, к примеру, переходят все элементы, которые были в фосфатном сырье и он может содержать до 10% стронция, марганца, редкоземельных металлов, но опасность попадания токсикантов в продукцию и накопления их в ней мала, так как гипс препятствует его переходу из почвенного раствора в растение.

Тяжелые металлы являются протоплазматическими ядами, токсичность которых возрастает по мере увеличения относительной атомной массы. Очень фитотоксичными считаются элементы, оказывающие вредное действие на тест-организмы в концентрациях до 1 мг/л (серебро, бериллий, ртуть, олово, кобальт, никель, свинец, хром); умеренно токсичные (мышьяк, селен, алюминий, барий, кадмий, железо, марганец, цинк). Среди тяжелых металлов наименьшую токсичность представляет свинец, потому что в растениях хорошо отлажена система защиты этого элемента, проникающего в корни.

Как показали длительные исследования Казахского НИИ земледелия на разных типах почв при внесении минеральных удобрений в рекомендуемых научно-обоснованных дозах тяжелые металлы в почве в высоких концентрациях не накапливаются.

Более опасны в этом отношении атмосферные загрязнения, вызываемые выбросами промышленных предприятий, автотранспорта; использованием в качестве удобрений сточных вод, компостов из бытового мусора, промышленных отходов.

Подход к нормированию загрязнения почв тяжелыми металлами весьма сложен. Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов по валовому содержанию их в почве ориентировочны, так как при равенстве валовых форм любого тяжелого металла в почве степень его подвижности может быть разной. В результате по цепочке «почва – растение – человек» поступает неодинаковое количество токсиканта. Поэтому более объективную оценку может дать содержание их подвижных форм.

#### **Количество тяжелых металлов, поступивших в почву при длительном применении удобрений (данные КазНИИЗ, отдел агрохимии)**

| Виды удобрений                    | Внесено удобрений в физ.весе, кг/га | Поступило в почву, г/га |       |       |       |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|
|                                   |                                     | Cd                      | Pb    | Zn    | Cu    |
| Светло-каштановая почва – 42 года |                                     |                         |       |       |       |
| Мочевина                          | 5780                                | 1,4                     | 7,5   | 34,7  | 4,6   |
| Суперфосфат простой               | 5060                                | 17,7                    | 215,0 | 97,7  | 72,4  |
| Калий хлористый                   | 4700                                | 20,0                    | 58,7  | 57,8  | 21,2  |
| Всего                             |                                     | 39,1                    | 281,2 | 190,2 | 79,2  |
| Лугово-каштановая почва – 22 года |                                     |                         |       |       |       |
| Мочевина, аммофос                 | 2860                                | 0,6                     | 2,9   | 20,0  | 6,5   |
| Двойной суперфосфат, аммофос      | 990                                 | 25,0                    | 31,0  | 28,3  | 16,4  |
| Калийная соль                     | 1780                                | 3,7                     | 21,7  | 18,7  | 5,8   |
| Всего                             |                                     | 29,3                    | 55,6  | 67,0  | 28,7  |
| Темно-каштановая почва – 14 лет   |                                     |                         |       |       |       |
| Мочевина                          | 1927                                | 0,46                    | 2,51  | 11,56 | 1,54  |
| Суперфосфат простой               | 1700                                | 5,90                    | 7,23  | 32,81 | 24,31 |
| Калийная соль                     | 1130                                | 0,24                    | 1,38  | 1,24  | 3,73  |
| Всего                             |                                     | 6,60                    | 11,12 | 45,61 | 29,58 |

Другим из негативных последствий применения необоснованно высоких норм фосфорных удобрений может стать снижение количества усвояемости растениями микроэлементов в почве и загрязнение почвы фтором, содержащимся в удобрениях в количестве 1–3% и более.

С 1 т суперфосфата в почву вносится примерно 4–6 кг фтора, а с 1 т аммофоса – до 50 кг. Причем фтор аккумулируется в почве и в результате биологического круговорота – до 95% фтора, внесенного с удобрениями, остается в системе почва – растение. Допустимое содержание фтора в почве – 3 мг/кг. При превышении этой нормы фтор накапливается в кормах, мигрирует в грунтовые воды.

Фтор обладает высокой химической активностью и представляет большую опасность для здоровья человека и животных.

Повышенные дозы фтора снижают продуктивность животных, угнетают их развитие и ведут к отравлению. У людей избыток фтора приводит к появлению заболевания – флюороз, выражающегося в разрушении зубной эмали, развитию остеосклероза.

### **Контрольные вопросы**

1. В чем заключается технология производства фосфорных удобрений?
2. Какое сырье используется для производства фосфорных удобрений?
3. В условиях карбонатных почв какие из форм фосфорных удобрений проявляют наибольшую эффективность?
4. Каким образом фосфорные удобрения оказывают отрицательное влияние на окружающую среду?
5. Что является основными примесями в фосфорных удобрениях?
6. Каким образом можно повысить экологическую безопасность применения фосфорных удобрений?

#### **Литература:**

- 1 Агрохимия (под ред. Минева В.Г.) - М., 2001
- 2 Вильдфуш И.Р. и др. Агрохимия. – Минск, 2001
- 3 Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
- 4 Авдонин Н.С. Свойства почв и урожай. – М.: Колос, 1965
- 5 Агроэкологические принципы земледелия /Под ред.И.П.Макарова и А.П.Щербакова. – М.:Колос, 1993
- 6 Минева В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. – М., 1993

### **Лекция №6**

## **КАЛИЙНЫЕ И МИКРОУДОБРЕНИЯ И ПРИЕМЫ ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ**

### **1. Характеристика калийных удобрений и удобрений, содержащих микроэлементы**

Сырьем для производства калийных удобрений являются природные калийные соли. Большое месторождение калийных солей находится в г.Соликамск (Россия), в Прикарпатье, в Туркмении, в Казахстане также имеются залежи калийных солей в Актюбинской области.

Все месторождения калийных солей делятся на хлоридные (92% всех запасов) и сульфатные. Основным сырьем для производства калийных удобрений является сильвинит, представляющий собой смесь сильвина и галита, содержащего 12–15%  $K_2O$ .

Сульфатные калийные удобрения получают из минералов каинитовых, лангбейнитовых и смешанных лангбейнито-каинитовых пород, из алунитов.

Из карналлитовых руд после извлечения магния получают удобрение – калий-электролит.

Калийные удобрения делятся на *концентрированные* (хлористый калий, сернокислый калий, хлористый калий-электролит) и *сырье соли* – сильвинит, каинит.

При внесении в почву катион калия быстро вступает во взаимодействие с ППК по типу физико-химического и необменного поглощения, одновременно вытесняя эквивалентное количество других катионов, что отражается на реакции почвенного раствора и на росте и развитии растений.

*Хлористый калий KCl* – получают из сильвинита путем отделения KCl от NaCl с последующей кристаллизацией из раствора.

Содержание калия 52–60%, рассыпчатый порошок и гранулированный продукт белого или сероватого цвета, иногда розовый с красным оттенком.

При взаимодействии с почвой проявляет физиологическую кислотность, особенно на слабо буферных почвах. В засушливых условиях может создать признаки засоления. Пригодно для всех типов почв. Рекомендуется вносить осенью под зяблевую вспашку: калий не вымывается, а не поглощенный почвой хлор вымывается из почвы осадками за пределы корнеобитаемого слоя, особенно на почвах легкого механического состава.

Вносят под все культуры, кроме чувствительных к хлору культур – табак, виноградники, ягодники, бобовые гречиху, картофель.

*Сульфат калия K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>* – концентрированное удобрение с содержанием калий 45–50% и незначительного количества хлора. Получают путем комплексной переработки полиминеральных калийных руд.

Кристаллический белый порошок с желтым оттенком, хорошо растворим в воде, с хорошими физическими свойствами. Пригодно для всех типов почв.

Вносят в первую очередь под культуры, не переносящие хлор. Наличие в удобрении серы положительно сказывается на урожайности бобовых культур, капусты, горчицы. Можно вносить любым способом, лучше под вспашку. Себестоимость сульфата калия высокая, поэтому его применение ограничено.

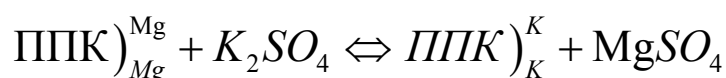
*Хлоркалий-электролит* – хлорид калия с примесями, содержит до 31,6–45,5% калия, примеси – 5% магния и натрия и до 50% хлора. По действию на растения не отличается от KCl. Сильно пылящий крупнозернистый порошок или гранулированный с желтым оттенком, не слеживается. Целесообразно применять на почвах легкого гранулометрического состава, в качестве основного удобрения, наиболее эффективно под корнеплоды.

*Калийная соль* – смесь хлористого калия с тонко размолотым сильвинитом или каинитом.

Кристаллическая соль серого цвета с цветными крапинками, сыпучесть удовлетворительная, при хранении слеживается, гигроскопична. Содержит 30–40% калия. Также содержит соль хлористого натрия – 20–35% общего веса удобрения. При внесении в почву проявляет слабую кислотность, в засушливых районах – признаки засоления. Наиболее эффективно применять под сахарную свёклу, овощные, кормовые культуры, положительно отзывающиеся на натрий.

*Сильвинит* – природная соль, состоящая из хлористого калия и натрия с незначительной примесью глины и песка. Крупнокристаллический порошок красновато-серого цвета, имеет красные, розовые, синие и оранжевые кристаллы. Мало гигроскопичный, хорошо рассеивается, растворим в воде полностью, при хранении слеживается, содержание калия колеблется в пределах 12–25%. Из-за низкого содержания калия рекомендуется применять как удобрения непосредственно в районах его производства при внесении с осени под зяблевую вспашку для выщелачивания хлора.

Взаимодействие калийных удобрений с почвой происходит по схеме:



## 2. Микроудобрения

*Микроудобрения* – это удобрения, содержащие в своем составе микроэлементы, находящиеся в растениях в тысячных и сотысячных долях процентов и выполняющие важ-

ные функции в процессах жизнедеятельности. Недостаток микроэлементов вызывает ряд заболеваний растений и нередко приводит к их гибели. Применение соответствующих микроудобрений не только устраняет возможность заболеваний, но и обеспечивает получение более высокого урожая лучшего качества.

Положительное действие микроэлементов обусловлено тем, что они принимают участие в окислительно-восстановительных процессах, углеводном и азотном обменах, повышают устойчивость растений к болезням и неблагоприятным факторам внешней среды. Под влиянием микроэлементов увеличивается содержание хлорофилла в листьях, улучшается фотосинтез, усиливается ассимилирующая деятельность всего растения. Многие микроэлементы входят в активные центры ферментов и витаминов.

#### **Борные удобрения**

*Борная кислота* – наиболее концентрированный продукт, содержащий 17,1–17,3% бора, хорошо растворим в воде. Рекомендуются для обработки семян и внекорневой подкормки 0,05–1% раствором и для полива рассады – 0,01–0,05% раствором.

*Порошок, содержащий бор* – механическая смесь тонко измельченной борной кислоты и технического талька. Содержание бора 2,4–2,8%. Применяют для предпосевного опудривания семян.

*Борный суперфосфат гранулированный* – получают путем добавления к суперфосфату в процессе грануляции раствора борной кислоты или борного концентрата. Удобрение содержит 20,1% фосфора и 0,02–0,05% бора. Рекомендуются для предпосевной обработки почвы (2–4 ц/га) или в рядки при посеве (100–120 кг/га) под культуры, требовательные к бору (сахарная свёкла, кормовая свёкла, люцерна, овощные культуры).

*Двойной гранулированный суперфосфат с бором* получают разложением фосфатного сырья фосфорной кислотой с добавлением в процессе грануляции борной кислоты. Продукт содержит не менее 46% фосфора и 0,4% бора. Применяется также, как и простой гранулированный суперфосфат с бором.

*Бура* – кристаллическая соль белого цвета, содержание бора 11,3%, хорошо растворяется в воде. Используется для обработки семян, внекорневой подкормки.

#### **Молибденовые удобрения**

*Молибдат аммония (молибденовокислый аммоний)* – содержит 51–52% молибдена, хорошо растворим в воде. Используется для обработки семян водными растворами соли и для опудривания, которое совмещают с сухим протравливанием из расчета на 1 ц семян 50–75 г молибдата аммония и 200–300 г протравителя. Для внекорневой подкормки расходуют на 1 га 100–200 г молибдата аммония на 200–300 л воды при наземном опрыскивании.

*Суперфосфат простой гранулированный с молибденом* содержит 0,1% молибдена и 19–20 % фосфора, получают добавлением молибдена в процессе грануляции суперфосфата. Целесообразно вносить в рядки при посеве в дозе 50–100 кг/га. *Суперфосфат двойной гранулированный с молибденом* с содержанием молибдена 0,2% и фосфора 43% получают смешиванием суперфосфата с молибденовосодержащей добавкой пе-



ред грануляцией, вносят в рядки в дозе 25–50 кг/га. Молибденизированный суперфосфат (простой и двойной) может быть использован под предпосевную культивацию, для подкормки на посевах трав, лугах и пастбищах.

*Порошок, содержащий молибден*, представляет собой механическую смесь тонко измельченного сухого молибдена и технического талька. Содержание молибдена 9,6–11%. Применяют для предпосевного опудривания семян в дозах 200–300 г /кг.

### **Цинковые удобрения**

*Сернокислый цинк* – кристаллическая соль серовато-белого цвета, растворима в воде для предпосевной обработки семян и внекорневой подкормки применяют растворы 0,03-0,1% д.в. сернокислого цинка. Используется при внесении в почву, можно совместно с инсектицидами и гербицидами при опрыскивании растений.

*Порошок, содержащий цинк* – механическая смесь тонко измельченного сухого сернокислого цинка (18–22%) и технического талька. Содержит 8–9,9% цинка. Применяют для предпосевной обработки в дозах от 200 до 1200 г/ц семян. Опудривание рекомендуется совмещать с протравливанием семян.

### **Медные удобрения.**

*Сульфат меди (медный купорос)* – кристаллическая соль голубовато-синего цвета, содержит 25% меди. Хорошо растворяется в воде, рекомендуется использовать для внекорневой подкормки (0,01–0,05% раствор с расходом 200–400 л/га) и предпосевной обработки семян (смачивание 0,01–0,02% раствором).

*Порошок, содержащий медь* содержит 5–6% меди, представляет собой механическую смесь тонко измельченного медного купороса и технического талька. Применяется для опудривания семян кукурузы, зернобобовых, зерновых культур, сахарной свёклы, овощей, многолетних трав в дозе 100–300 г/кг.

*Пиритные (колчедановые) огарки* являются отходом сернокислотной и целлюлозно-бумажной промышленности. Содержание меди 0,3–0,5%, с примесями железа, цин-

ка, кобальта, свинца и др. применяют в размолотом виде в дозе 5–6 ц/га 1 раз в 4–6 лет под зяблевую вспашку.

### **Марганцевые удобрения**

*Марганцевые шламы* – содержат 9–15 % окиси марганца. Темно-серый или черный порошок. Вносят под сахарную свёклу, зерновые культуры, овощи, картофель в дозе 1,5–3 ц/га.

*Марганизированный суперфосфат* содержит 1,5–2,5% марганца. Применяется при посеве в дозах 0,5–1 ц/га под те же культуры, что и марганцевый шлам.

**Калий** – третий основной элемент питания растений – не оказывает существенного вредного влияния на окружающую среду. Главным отрицательным свойством калийных удобрений, оказывающим негативное влияние на окружающую среду, является поступление в почву хлора. В больших дозах он вызывает нарушение окислительно-восстановительных процессов, в синтезе углеводов в растениях, снижает активность ферментов, что в конечном итоге отрицательно сказывается на урожае и качестве сельскохозяйственных растений, особенно таких как, картофель, виноград, гречиха, табак, цитрусовые и прядильные культуры.

Значительная часть хлора может переходить в грунтовые воды и попадать в водоисточники. При внесении в почву 60 кг  $K_2O$  в виде хлористого калия растения поглощают 1/6 часть содержащегося в удобрении хлора, остальное впитывается в дренажные воды.

Водоемы могут загрязняться не только нитратами, но и калием, избыток которого в кормовых культурах может вызывать отравление животных.

Избыточное внесение калийных удобрений нарушает баланс магния, натрия, бора в почве и нарушение соотношения этих элементов корма может отрицательно сказаться на состоянии животных, поедаемых такой корм.

### **Контрольные вопросы:**

1. Из чего производят калийные удобрения?
2. Какой вид поглотительной способности почв отмечается при взаимодействии калийных удобрений с почвой?
3. В связи с чем сильвинит рекомендуется применять в районах его производства?
4. В чем заключается отрицательное влияние калийных удобрений на окружающую среду?

#### **Литература:**

- 1 Агрохимия (под ред. Минеева В.Г.) - М., 2001
- 2 Вильдфуш И.Р. и др. Агрохимия. – Минск, 2001
- 3 Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
- 4 Авдонин Н.С. Свойства почв и урожай. – М.: Колос, 1965
- 5 Агроэкологические принципы земледелия /Под ред.И.П.Макарова и А.П.Щербакова. – М.:Колос, 1993
- 6 Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. – М., 1993

### **Лекция №7**

## **КОМПЛЕКСНЫЕ УДОБРЕНИЯ И ВОПРОСЫ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Комплексные удобрения – удобрения, содержащие в различном соотношении и сочетании два, три и более питательных элементов: азота, фосфора, калия и микроэлементов.

Их подразделяют на двойные (содержащие два компонента NP, PK, NK) и тройные, или полные (NPK) удобрения.

В состав комплексных удобрений могут входить и микроэлементы, добавки пестицидов, регуляторы роста и др.

Количество питательных веществ и их соотношения в комплексных удобрениях могут быть различными.

Удобрения, в которых соотношения питательных элементов соответствует агротехническим требованиям для культуры, почвы называются *уравновешенными*.

Удобрения, все компоненты которых служат для питания растений, называют *безбалластными*.

Комплексные удобрения по способу производства подразделяются на:

- сложные,
- комбинированные (сложно-смешанные);
- смешанные.

по агрегатному состоянию на:

- твердые,
- жидкие.

Множество технологических процессов производства комплексных удобрений можно объединить в три группы:

1. Получение сложных твердых и жидких удобрений на основе фосфорной и полифосфорной кислот путем нейтрализации их аммиаком.
2. Получение твердых комбинированных удобрений на основе азотнокислого разложения природных фосфатов с добавлением фосфорной, серной кислот, аммиака, хлористого калия.
3. Получение смешанных удобрений.

Преимущества КУ:

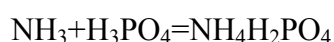
1. Высокая концентрация питательных веществ (48% в сравнении с 27% в смесях простых удобрений) и одновременное содержание нескольких элементов питания

(аммофос, аммонизированный суперфосфат, нитрофоска, аммофоска и др., иногда и микроэлементы).

2. Снижение затрат на подготовку и внесение удобрений по сравнению с односторонними в 1,5–2 раза.
3. Оптимальное соотношение питательных веществ.
4. Лучшая позиционная доступность питательных веществ корневой системе растений.

**Сложные удобрения** представляют собой единую химическую формулу, составные части – катион и анион, т.е. содержат 2 или 3 элемента питания в одном химическом соединении (молекуле), они не содержат примесей и поэтому отличаются высокой концентрацией элементов питания.

*Аммофос* –  $NH_4H_2PO_4$  – моноаммонийфосфат – концентрированное гранулированное азотно-фосфорное удобрение. В зависимости от вида сырья выпускается 2 марок из апатитового концентрата и фосфоритового флотоконцентрата. Содержание усвояемого фосфора 46–60%, азота – 11%. Отличается хорошими физическими свойствами, что позволяет использовать его в качестве основы для приготовления тукосмесей, длительное время сохраняет сыпучесть, характеризуется высокой концентрацией питательных веществ, нет балласта, легко усваивается растениями на всех почвах. Технология производства заключается в нейтрализации аммиака фосфорной кислотой:

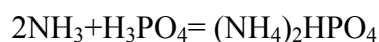


Существенный недостаток этого удобрения – широкое соотношение между азотом и фосфором – 1:4,5, 1:5, что ограничивает возможность его применения, так как отношение фосфора к азоту должно быть близким к 1:1, поскольку растению больше требуется азота.

Рекомендуется как для локального (рядкового) и основного внесения, отдельно и совместно с азотными и калийными туками. Особенно эффективно на черноземах и каштановых почвах северного региона республики, где почвы хорошо обеспечены азотом и бедны фосфором. Вносят под зерновые, овощные и технические культуры.

*Диаммофос* –  $(NH_4)_2H_2PO_4$  – *диаммоний фосфат*. Гранулированное удобрение, светло-серого цвета. Содержит 52% фосфора и 19% азота. Это самой концентрированное из всех сложных удобрений – суммарное содержание азота и фосфора более 70%.

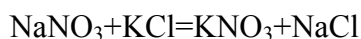
Производство диаммофоса основано на насыщении аммиаком фосфорной кислоты.



Удобрение наиболее подходит для картофеля, вики, овощных культур и хлопчатника.

Эти два вида удобрений удобны для локального применения при посеве и посадке вблизи семенного материала: не содержат балласта, не создают высокой концентрации раствора, не повышают осмотического давления почвенного раствора.

*Калийная селитра* –  $KNO_3$  – содержит 13–14% азота, до 45% калия. Получают в результате обменной реакции между нитратом натрия и хлористым калием.



Обладает хорошими физическими свойствами, негигроскопично, хорошо рассеивается, используется для производства смешанных удобрений. Применяется для подкормки овощных, плодово-ягодных культур, табака, винограда. В качестве источника калия особенно ценное удобрение для культур, чувствительных к хлору. Недостаток калийной селитры – широкое соотношение между азотом и калием (1:3,5), поэтому при ее использовании необходимо дополнительное внесение азотных и фосфорных удобрений.

*Фосфомагнезия* –  $MgNH_4PO_4 \cdot H_2O$  – магний–аммоний–фосфат. Слаборастворимое сложное удобрение, содержащее 8% азота и 40% фосфора.

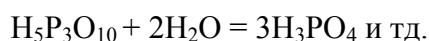
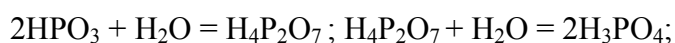
Пригодно для основного внесения даже в больших дозах, без вреда растениям. В состав соли входят и микроэлементы марганец, медь, цинк.

*Полифосфаты* – представляют собой линейные полимеры, содержащие сотни групп  $\text{PO}_4$ . Общая формула  $\text{H}_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$ .

Полифосфаты – высококонцентрированные сложные удобрения (содержат от 70 до 83% фосфора), качественно отличающиеся от стандартных форм удобрений специфичностью структуры фосфатного компонента, в связи с чем, имеется возможность вводить в состав их молекулы несколько элементов минерального питания (азот, калий, кальций), включая микроэлементы, и повышается ценность этих удобрений.

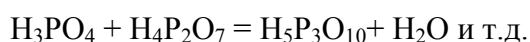
Способность корней растений и клеток микрофлоры почвы гидролизовать Р-О-Р связи, а также свойство растений частично поглощать фосфор с негидролизованной Р-О-Р связью определяют физиологическую специфику действия этих удобрений.

Гидролиз полифосфатов происходит следующим образом



Оптимальной температурой для этого процесса считается 30–35<sup>0</sup>С. Интенсивность гидролиза находится в прямой зависимости от биологической активности почвы.

Полифосфаты получают из фосфорной кислоты при высокой температуре и вакууме:



В этих реакция происходит конденсация (уплотнение молекул фосфорной кислоты с выделением воды), поэтому полифосфорные кислоты называют конденсированными.

Ряд полифосфорных кислот можно представить следующим образом:  $\text{HPO}_3$  – метафосфорная,  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$  – пиродифосфорная,  $\text{H}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  – триполифосфорная и тд.

Преимущества полифосфатов:

1. В почве полифосфаты медленнее, чем ортофосфаты образуют нерастворимые соединения с алюминием, железом, марганцем, быстро вступая во взаимодействие с кальцием и магнием с образованием комплексных соединений, являющихся удовлетворительным источником фосфора для растений.

2. Обладают меньшей подвижностью в почве, чем ортофосфаты, так как первые более активно взаимодействуют с почвенными минералами.

3. Обладают свойствами катионитов: способны адсорбировать кальций и др. катионы в обмен на аммоний и ион водорода.

4. Растворяют соединения железе и алюминия в почве, препятствуя осаждению этих катионов в форме ортофосфатов.

Перспективными формами сложных удобрений являются полифосфаты аммония (до 15% азота и 60% фосфора), метафосфат калия.

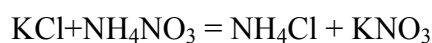
***Комбинированные (сложно-смешанные) удобрения*** – удобрения, содержащие не менее двух элементов питания, получаемые в едином технологическом процессе при химическом взаимодействии аммиака, фосфорной, азотной и серной кислот, плава нитрата аммония, фосфорита или апатита, калийных солей и других исходных компонентов.

*Нитрофоски* – тройное удобрение, содержащее минеральные соединения азота, фосфорной кислоты и калия. Его производство основано на разложении фосфатного сырья азотной кислотой. В процессе получения нитрофоски получается многокомпонентный раствор с большим количеством нитрата кальция – нежелательный компонент, обладающий высокой гигроскопичностью и избыток которого приводит к образованию неусвояемых фосфатов кальция и, кроме того, следует перевести азот из кальциевой селитры в другие соединения. Поэтому в зависимости от того, каким способом производится связывание и выделение из раствора этого компонента нитрофоски делят на сернокислую, фосфорнокислую, карбонатную, бесхлорную, вымороженную.

В полученную смесь – пульпу, когда она еще горячая и кашицеобразная вводят сульфат аммония – образуется нитрат аммония и сернокислый кальций.



Для получения тройного удобрения в пульпу добавляют хлористый калий в необходимой пропорции, который частично взаимодействует с аммиачной селитрой с образованием хлористого аммония и калийной селитры.

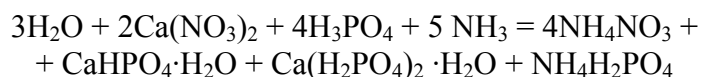


Далее массу высушивают и гранулируют. В каждой грануле содержится  $\text{CaHPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ . Удобрение называется сульфатная нитрофоска.

При добавлении в пульпу аммиака и серной кислоты достигается тот же результат, что и при введении сульфата аммония. Но аммиак может вызывать вследствие местного выщелачивания среды частичную ретроградацию образовавшихся усваиваемых солей фосфорной кислоты. Чтобы избежать этого, одновременно прибавляют небольшое количество растворимой соли магния.



Самым перспективным способом является прибавление к пульпе аммиака и фосфорной кислоты; нитрат кальция превращается в одно- и двузамещенные фосфаты кальция и аммиачную селитру, кроме того, образуется аммофос:



В этой нитрофоске самое высокое содержание водорастворимой фосфорной кислоты (до 80%). Ввиду содержания в нитрофоске фосфатов кальция это удобрение называют фосфорной нитрофоской.

Размер гранул нитрофосок 1–4 мм, они достаточно прочные и при перевозке и хранении не слеживаются.

Действие нитрофосок, как правило, более эффективно в равных дозах НРК, чем простых удобрений.

Могут использоваться на всех типах почв, под все культуры до посева, при посеве в подкормку, то есть они универсальны.

*Нитрофос* – сложное азотно-фосфорное удобрение с содержанием питательных веществ 38–44% (азота не менее 24%, фосфора усвояемого – 14%). Используют как основное удобрение под все культуры на почвах с высоким содержанием обменного калия.

*Нитроаммофос* – гранулированное азотно-фосфорное удобрение с содержанием азота 16–24%, фосфора водорастворимого – 20–25%. Основное достоинство нитроаммофоса – высокое содержание питательных веществ. Применяется под все культуры в качестве основного и припосевного внесения, подкормки.

*Нитроаммофоска* – хорошо растворимое в воде сложное удобрение, содержащее по 16–17% азота, фосфора и калия. Также считается универсальным, все соли его легко усваиваются растениями.

*Диаммонитрофоска* – содержит по 18% азота, фосфора и калия и состоит из аммиачной селитры и диаммофоса. Может применяться в качестве основного, припосевного удобрения и в подкормки.

*Фосфаты и полифосфаты мочевины* – азотно-фосфорное удобрение, хорошо растворимо в воде. Получают при взаимодействии раствора мочевины с фосфорной кислотой, содержит 17,7% азота, 44,5% фосфора. Удобрение может применяться под различ-

ные культуры, особенно под рис. Их не следует вносить локально, а также без заделки в почву (могут быть потери азота).

*Карбоаммофос и карбоаммофоска* – двойное или тройное удобрение, полученное на основе полупродуктов синтеза карбамида и фосфорной кислоты. Удобрения содержат по 20% питательных элементов и производятся соотношением N:P:K – 1:1:1, 1,5:1:1; 2:1:1; 1:1,5:1.

*Суперфоска* – фосфорно-калийное удобрение с содержанием фосфора 11–16% усвояемого и 12–21% калия. Применяется в качестве основного удобрения на почвах с низким содержанием фосфора и калия.

*Полифосфаты аммония* – азотно-фосфорные удобрения, содержат 53–61% фосфора и 14–30% азота, легко растворимы в воде, имеют хорошие физические свойства. Проявляют высокую эффективность на карбонатных почвах. Способны удерживать микроэлементы в доступном состоянии.

**Смешанные удобрения** – механические смеси без существенных химических превращений компонентов. Они подразделяются на порошковидные и гранулированные. Преимущество гранулированных сухих смесей состоит в том, что производство их возможно с любым соотношением питательных веществ.

Сухое смешивание удобрений — наиболее доступный, простой в экономичный метод. Одно из главных требований, предъявляемых к гранулированным смесям – получение хорошо сыпучих, несслеживающихся, пригодных к механизированному рассеву. Процесс приготовления механических смесей удобрений *подразделяется* на пять этапов:

- подготовка удобрений для смешивания;
- подача компонентов к тукосмесительной установке;
- дозирование;
- смешивание;
- выгрузка смеси удобрений в транспортные средства, бункер разбрасывателя или на склад.

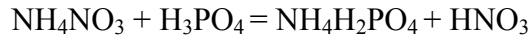
Возможны два пути реализации смешанных удобрений: внесение непосредственно после смешивания и заблаговременное приготовление с последующим хранением.

Используемые при сухом смешивании односторонние и неуравновешенные по составу удобрения должны сохранять сыпучесть, несслеживаемость и гранулометрический состав в процессе транспортировки и при хранении насыпью в течение 6 месяцев.

Физические свойства смешанных удобрений можно улучшить введением нейтрализующих добавок: мела, извести, фосфоритной муки.

Особенности физико-химических свойств исходных удобрений часто ограничивают возможность их смешивания.

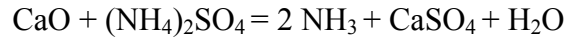
Например, при смешивании аммиачной селитры с суперфосфатом могут выделяться пары азотной кислоты или окислы азота:



Образование нитрата кальция ведет к увеличению гигроскопичности смеси:



Карбонат и бикарбонат кальция, имеющие щелочную реакцию, и металлургические основные шлаки, содержащие свободную окись кальция, нельзя смешивать с аммиачной селитрой или сульфатом аммония, а также с фосфатами аммония и его полифосфатами из-за возможных потерь аммиака:



Смеси стандартного гранулированного аммофоса с хлористым калием, нейтрализованными суперфосфатами и сульфатом аммония имеют хорошие физические свойства; небольшая гигроскопичность этих смесей обеспечивает возможность длительного хранения.

Одним из важнейших требований к качеству смешанных удобрений является однородность их гранулометрического состава, которая достигается близостью размеров гранул исходных компонентов.

**Жидкие комплексные удобрения (ЖКУ)** - растворы питательных солей, имеющие в своем составе два или три макроэлемента (N, P, K), так называемые вторичные элементы питания (Ca, Mg, S) и микроэлементы (Fe, Mn, B, Cu, Zn, Mo, Co).

Действие на растения твердых и жидких комплексных удобрений приблизительно одинаковое. ЖКУ относятся к одним из самых перспективных видов минеральных удобрений. Принципиальная схема получения этих удобрений заключается в нейтрализации аммиаком фосфорной кислоты до pH 6,5.

Существуют два вида ЖКУ, производство которых различается формой используемого фосфора: ортофосфорной кислоты в суперфосфорной (смесь орто- и полифосфорной кислот с содержанием 72–80% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Увеличение содержания азота достигается прибавлением аммиачной селитры, мочевины или смеси мочевины и аммиачной селитры.

Тройные жидкие удобрения производят способами горячего и холодного смешивания. При *горячем смешивании* фосфорную и полифосфорную кислоты нейтрализуют газообразным и водным аммиаком, а также добавляют и растворяют в полученной смеси другие исходные компоненты (мочевино-аммонийно-нитратный раствор, хлористый калий).

Холодное приготовление – механическое смешивание готовых растворов исходных компонентов (растворы фосфатов аммония в твердый *диаммоний фосфат*). Азотные и калийные компоненты остаются те же, что и при горячем процессе. Наиболее распространены смеси полифосфата аммония с мочевино-аммонийно-нитратным и калийным растворами.

ЖКУ на основе ортофосфорной кислоты имеют сравнительно невысокое общее содержание питательных веществ (24–30 %), так как в более концентрированных растворах при низких температурах происходят кристаллизация солей и выпадение их в осадок.

ЖКУ не содержат свободного аммиака, поэтому их можно разбрызгивать по полю с последующей заделкой в почву. Их вносят местно, ленточно, под любые культуры, особенно пропашные, можно применять в районах орошаемого земледелия (с поливной водой), они легки в проведении автоматизированного контроля распределения удобрений по полю, обеспечивающего высокую равномерность их заделки в почву, что ведет к одновременному развитию и созреванию растений и снижению потерь урожая при уборке; при

применении ЖКУ имеется возможность растворения в них пестицидов, микроэлементов, ростовых веществ.

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое комплексные удобрения и как их классифицируют?
2. Какие технологические схемы получения комплексных удобрений Вы знаете?
3. В чем заключается экологическая нагрузка комплексных удобрений на окружающую среду?

**Литература:**

- 1 Агрохимия (под ред. Минеева В.Г.) - М., 2001
- 2 Вильдфуш И.Р. и др. Агрохимия. – Минск, 2001
- 3 Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
- 4 Авдонин Н.С. Свойства почв и урожай. – М.: Колос, 1965
- 5 Агроэкологические принципы земледелия /Под ред.И.П.Макарова и А.П.Щербакова. – М.:Колос, 1993
- 6 Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. – М., 1993

**Лекция №8**

**ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ  
ИХ ПРИМЕНЕНИЯ**

Академик Д.Н.Прянишников писал: «Как бы ни было велико производство минеральных удобрений в стране, навоз никогда не потеряет своего значения, как одно из главнейших удобрений в сельском хозяйстве».

Органические удобрения повышают содержание гумуса и питательных веществ, улучшают водный и воздушный режим, физико-химические свойства почвы, активизируют деятельность микрофлоры почвы, повышают эффект действия минеральных удобрений, увеличивают урожай с/х культур и улучшают его качество.

Основное, широко применяемое органическое удобрение – навоз. Кроме навоза в качестве органических удобрений можно использовать навозную жижу, торф, птичий помет, компосты, сапропель, зеленое удобрение и тд.

**Подстилочный навоз** – это смесь твердых и жидких выделений сельскохозяйственных животных и подстилки. Он является источником всех элементов, которые входят в состав растений. Кроме того, с навозом в почву вносится большое количество микроорганизмов, разлагающих органическое вещество навоза и почвы и переводящих питательные вещества в доступную для растений форму.

Твердые и жидкие выделения животных неравноценны по составу и удобрительным качествам. Почти весь фосфор попадает в твердые выделения животных, около 1/2–1/3 азота и почти весь калий, находившиеся ранее в кормах выделяются с мочой животных.

Все питательные вещества жидких выделений представлены в легкорастворимой или легко минерализуемой форме, азот и фосфор твердых выделений входят в состав органических соединений и становятся доступными только после их минерализации, в то время как калий находится в подвижной форме.

В среднем в 1 тонне навоза содержится 5 кг азота, 2,5 кг фосфора, 6 кг калия, 7 кг кальция, 1,5 кг магния, 31–35 г цинка, 0,5–0,6 г молибдена и др.

Навоз лошадей и овец благодаря большому содержанию в нем азота, фосфора и других элементов разлагается быстрее, выделяя много тепла. Поэтому его называют *горячим*. Навоз КРС (вследствие большого содержания воды и меньшего – важнейших элементов питания) и свиней (из-за большего содержания воды и меньшего кала) разлагается медленно, температура его повышается слабо, такой навоз называется *холодным*.

Состав навоза и его качество в значительной мере зависит от наиболее полного сбора и сохранения жидких выделений, что достигается при использовании подстилки. Основные виды подстилки – солома озимых и яровых зерновых культур, торф, режа опилки, стружки.

Применение подстилки обеспечивает сохранение азота в навозе, он становится менее влажным, более рыхлым, легче разлагается при хранении. Качество навоза в значительной мере повышается при употреблении на подстилку резаной соломы, которая больше поглощает жидких выделений, равномерно увлажняется.

Состав навоза изменяется от условий и продолжительности хранения. Чем дольше навоз хранится, тем более высокая степень разложения и тем выше содержание в нем азота, фосфора и калия, но тем меньше в нем аммиачного азота.

Различают 4 степени разложения подстилочного навоза:

- свежий, или слабо разложившийся навоз, в котором подстилка сохраняет свою типичную (желтую) окраску и прочность, водная вытяжка имеет красновато-желтый или зеленоватый цвет

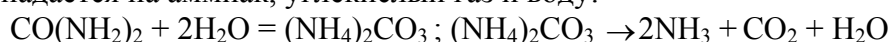
- полуперепревший, подстилка теряет свою прочность, и приобретает темно-коричневую окраску, водная вытяжка густая, черного цвета, масса полуперепревшего навоза по сравнению со свежим уменьшается на 20–30%;

- перепревший, или сильно разложившийся навоз, представляет собой черную мажущую массу, водная вытяжка бесцветная, масса составляет примерно 50% массы исходного навоза;

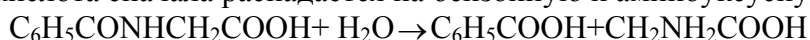
- перегной – богатая органическим веществом, черная однородная землистая масса, составляет не более 25% количества исходного свежего навоза.

При хранении навоза при участии микроорганизмов в нем происходят процессы распада твердых выделений животных и подстилки с образованием более простых минеральных соединений (образование аминного азота из белковых веществ) и вторичные процессы синтеза (переход аммиачного азота в белки тел микроорганизмов). Часть аммиачного азота образует амидную форму. Аммиачный азот во время хранения навоза теряется главным образом при разложении мочи. Она разлагается раньше и быстрее.

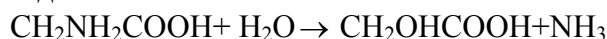
Жидкие выделения животных содержат мочевину  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , гиппуровую кислоту  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CONHCH}_2\text{COOH}$  и мочевую кислоту  $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$ . Мочевина под действием фермента уреазы, выделяемого уробактериями, быстро превращается в углекислый аммоний, который быстро распадается на аммиак, углекислый газ и воду:



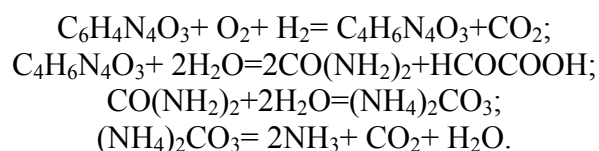
Гиппуровая кислота сначала распадается на бензойную и аминокусусную кислоты:



Образующаяся аминокусусная кислота распадается на укусусную или оксиукусусную кислоту с выделением свободного аммиака:



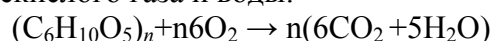
Превращение мочевой кислоты идет через образование мочевины, а затем углекислого аммония:



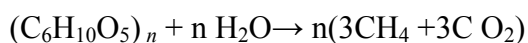
Таким образом, все азотистые соединения жидких выделений животных при хранении отдельно или в составе навоза могут разлагаться до свободного аммиака. Это основной источник потерь азота в навозе, особенно при неправильном его хранении.

По скорости разложения органические вещества твердых выделений животных и подстилки можно разделить на две группы. Первая, составляющая небольшую долю. Включает сравнительно легко разлагающиеся соединения: сахара, крахмал, пентозаны, пектин, органические кислоты. Разложение их при доступе кислорода происходит очень быстро и сопровождается повышением температуры до 60–70<sup>0</sup>С. Вторая группа включает клетчатку и другие медленнее разлагающиеся органические вещества. Скорость разложения навоза зависит от соотношения в нем этих двух групп органических соединений: чем больше содержится веществ первой группы, тем быстрее идет разложение.

Безазотистые органические вещества навоза при доступе  $\text{O}_2$  (под влиянием аэробных бактерий) распадаются до углекислого газа и воды:



Без доступа кислорода (с участием анаэробных микроорганизмов) безазотистые вещества разлагаются до метана и углекислого газа:



В аэробных условиях процесс разложения органических веществ происходит значительно быстрее, чем без доступа кислорода.

В начале разложения навоза азот в нем содержится в двух формах – белковый и аммиачный. В дальнейшем содержание белкового азота повышается, аммиачного – снижается. В свежем навозе нитратный азот не образуется, так как от высокой температуры нитрификаторы погибают и в анаэробных условиях они вообще не развиваются. Если при хранении появляется нитратный азот, то он сразу же потребляется целлюлозными бактериями, т.е. процесса денитрификации не происходит.

Снижению потерь питательных веществ из навоза способствуют большое количество подстилки, холодный способ хранения (плотный).

При хранении навоза при скотных дворах и в жижеборниках из него стекает *навозная жижа* – ценное быстродействующее, азотно-калийное удобрение, так как содержит 0,1–0,26% азота, 0,03–0,06% фосфора, 0,28–0,58% калия. Для снижения потерь азота в навозную жижу добавляют 5% по массе суперфосфата. Из свежего навоза отстаивается 10–15% навозной жижи, а при горячем хранении (рыхлом) больше.

Лучший способ применения навозной жижи – приготовление компостов. При использовании без компостов ее дозы в зависимости от состава и культуры составляют 10–20 т/га. В этом случае ее применяют для подкормки пропашных культур с заделкой на глубину 8–12 см в два приема по 5–7 и 8–12 т/га.

**Бесподстилочный навоз** – это смесь жидких и твердых выделений животных с примесями воды и корма. В зависимости от соотношения жидкой и твердой фракций его подразделяют на:

- полужидкий с содержанием более 8% сухого вещества;
- жидкий с содержанием сухого вещества 3–8%;
- навозные стоки с содержанием сухого вещества менее 3%.

Содержание питательных веществ в бесподстилочном навозе колеблется в широких пределах и определяется по фактическому состоянию. В среднем жидкий навоз содержит 0,3% азота, 0,13% фосфора и 0,3% калия.

Бесподстилочный навоз хранят в прифермских навозохранилищах (если таковые имеются) или в полевых навозохранилищах (открытого котлованного типа) на полях.

При хранении бесподстилочный навоз разделяется на три слоя:

- верхний плавающий слой – влажностью 78–84%, не содержит аммиачного азота;
- жидкая фракция – влажностью 88–94% с содержанием большого количества аммиачного азота;
- нижний слой – влажностью 84–88%, представляющий собой осажденные твердые частицы навоза, песка, ила, с небольшим содержанием аммиака.

Потери азота и органических веществ, благодаря анаэробным условиям хранения, значительно меньше, чем при хранении подстилочного навоза в штабелях. В нем сохраняется аммиачный азот, доступный растениям в год внесения.

Жидкий навоз вносят за 2–3 недели до зяблевой вспашки, можно и весной при оставлении на поле соломы с осени.

Дозы внесения жидкого навоза устанавливаются по азоту и зависят от типа и гранулометрического состава почв.

Бесподстилочный навоз может вноситься как предпосевное удобрение и как подкормка.

Эффективность жидкого навоза повышается при совместном внесении с фосфорно-калийными удобрениями.

**Компосты** – органические удобрения, состоящие из двух компонентов один поглотитель влаги и аммиака (торф, дерновая земля) слабо разлагается без компостирования, второй – богат микрофлорой, содержит легко разлагающиеся азотистые органические соединения (навозная жижа, фекалии). В компостах торф преобладает. Второго компонента берут меньше – 10–15% от общей массы для того, чтобы вызвать вспышку микробиологических процессов разложения органического вещества. В этом случае обеспечивается накопление большого количества высококачественного органического удобрения за счет менее ценных и более инертных материалов, представляющих сами по себе невысокую удобрительную ценность.

Компосты бывают:

1. торфонавозные – получают смешиванием торфа и навоза при укладке в штабеля или непосредственно на торфяниках.
2. торфожижевые – получают компостированием собираемой навозной жижи с торфом. Ввиду больших потерь аммиака жижи торфожижевые компосты вносят в почву без предварительного выдерживания в штабелях.
3. фекальные – фекальные массы компостируются с торфом – на 1 тонну торфа берут 0,5 т фекалий.
4. торфо-минеральные – торф компостируется с известью, золой, фосфоритной мукой и аммиачной селитрой, аммиачной водой или аммиаком и минеральными туками.

*Птичий помет* ценное органическое удобрение с высоким содержанием питательных веществ и микроэлементов: 0,7–1,9% азота, 0,5–1,5% фосфора, 0,8–1,1% калия, 0,6–2,4% кобальта, 0,3–0,7% магния, 0,4–1,1% серы.



Все питательные вещества находятся в усвояемых для растений соединениях, в свежем помете нет летучих форм азота. Но хранение его в чистом виде сопровождается значительными потерями азота (до 30–60%), который представлен мочевой кислотой, легко разлагающейся до аммиака, углекислого газа и воды.

Для предотвращения этого при накоплении и хранении птичьего помета рекомендуется добавлять 7–10% от его массы порошковидного суперфосфата или 25–50% сухого перегноя, или компостирование с древесными опилками – до 30% опилок от общей массы.

Наиболее эффективный прием переработки птичьего помета – его термическая сушка при температуре 600–800<sup>0</sup>С, которая уничтожается возбудителей болезней и семена сорняков. Высушенный и гранулированный птичий помет содержит 5% азота, 4% фосфора и 3% калия, обладает хорошей сыпучестью, не имеет неприятного запаха, может храниться в бумажных или полиэтиленовых мешках.

Птичий помет рекомендуется использовать под овощные (3–5 т сухого /га), картофель и корнеплоды (2–3 т сухого т/га) с дополнительным внесением фосфорно-калийных удобрений. Доза сырого птичьего помета компостированного с суперфосфатом при основном внесении – 3–5 т/га. Для подкормки используется 8–10 ц сырого птичьего помета, при посеве 4–6 ц/га, сухого берут в 2 раза меньше.

В литературе часто встречается суждение, что только при использовании органических удобрений можно получать высококачественную продукцию. Такое ошибочное утверждение опровергается следующими положениями:

1. Растения питаются элементами минеральных солей. Следовательно, чтобы эти элементы, содержащиеся в органических удобрениях, стали доступны растениям, должна произойти минерализация органических веществ. Если же в почву вносятся минеральные соли, то они уже находятся в форме, доступной растениям. Если и поглощают растения некоторые органические соединения из почвы (аминокислоты, витамины, ферменты, антибиотики и др.), то их доля в питании растений незначительна. На синтез же органических веществ, и прежде всего белков, расходуются минеральные вещества.

2. При нарушении технологии применения органических удобрений, так же как и минеральных, можно существенно снизить качество растениеводческой продукции. Это относится в большей мере к дозам, срокам, равномерности внесения и т. д. Например, неравномерное распределение навоза создает пестроту плодородия почвы, что приводит к разным срокам созревания и формирования урожая, неодинакового по химическому со-

ставу и другим показателям. Например, на участках, переудобренных навозом, ботва «буйствует», а клубней нет, а если и есть, то с высоким содержанием нитратов.

3. При применении органических удобрений нельзя считать, что они экологически совершенно чистые. Они неотрывно связаны с круговоротом веществ в земледелии. Поэтому негативные свойства и химический состав почвы, техногенное загрязнение из атмосферы почвы и растений и тд. непременно скажутся на качестве органических удобрений. Кроме того, в навозе содержатся вредные микроорганизмы, семена сорных растений, которые отрицательно сказываются на урожае с/х растений.

При применении органических удобрений также необходим учет свойств почвы, уровень плодородия, химический состав органических удобрений, вынос питательных элементов сельскохозяйственными культурами и другие факторы.

При применении бесподстилочного навоза имеются и негативные последствия: опасность загрязнения поверхностных водоемов, грунтовых вод, почвы и воздуха; возможное увеличение содержания нитратов; ухудшение санитарного состояния почвы; накопление калия, кальция, магния, натрия, тяжелых металлов; возможное засоление за счет накопления ионов хлора, сульфат-ионов.

Так, при внесении жидкого навоза с поливной водой важно знать ее предельную норму, чтобы не было переувлажнения почвы, поверхностного стока, загрязнения навозом воды или инфильтрации избыточного количества нитратов в грунтовые воды.

При применении бесподстилочного навоза следует:

- применять его в научно обоснованных нормах;
- избегать внесения на затопляемых участках пахотных земель или с/х угодий;
- применение с учетом рельефа в сочетании с противоэрозионной обработкой почвы;
- максимально использовать посев пожнивных культур, что ограничивает поверхностный сток навоза и инфильтрацию нитратов;
- применение в сочетании с соломой для предотвращения потерь азота.

Органические удобрения также как и минеральные могут содержать токсичные элементы. Так, в стойловом навозе содержание кадмия составляет в среднем 0,4 мг/кг сухой массы, свинца 1,1-27 мг/кг, ртути 0,08 мг/кг.

В связи с увеличивающейся экологической нагрузкой следует обратить внимание на использование в качестве органических удобрений различных отходов промышленности и коммунального хозяйства, которые могут существенно загрязнять токсичными элементами продукцию для человека и корма для животных, особенно при их ненормированном использовании без должного контроля химического состава.

В компостах из городских и бытовых отходов могут присутствовать фитотоксины, ряд органических кислот: уксусной, пропионовой, изомаляной, масляной, изовалерьяновой. При этом, подавление прорастания семян ячменя наблюдалось при концентрации уксусной кислоты порядка 15 мМ, при более низких концентрациях отмечалось торможение роста.

Использование осадков сточных вод в качестве удобрений имеет серьезные недостатки: чрезвычайно разнообразный химический состав, довольно высокое содержание токсичных элементов, патогенных микроорганизмов, и может иметь серьезные последствия для человека и животных.

Определенную экологическую опасность могут представлять и другие отходы и местные удобрительные средства. Обычно их применяют в высоких дозах, так как они содержат низкий процент биогенных элементов. Систематическое их использование приводит к накоплению в почве тяжелых металлов, различных токсичных соединений. Так, пиритные огарки содержат 40-63 % железа, 1-2 серы, 0,33-0,47 меди, 0,64-1,35 цинка, 0,32-0,58 % свинца и другие металлы. При проведении химической мелиорации солонцов используют фосфогипс из апатитового концентрата, который содержит Ca – 28,3%, SO<sub>3</sub> – 55,5, Sr – 1,8-2,0%, F – 0,3% и при внесении его в дозе 5-20 т/га в почву попадает 100-400 кг/га стронция. Критическое содержание стронция отмечено при внесении 40 т/га и более

фосфогипса. Содержащийся в фосфогипсе фтор может неблагоприятно воздействовать на свойства почвы, снижая ее плодородие и вызывая деградацию, представлять опасность загрязнения растений фторидами.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какие виды органических удобрений вы знаете?
2. Чем отличается навозная жижа от бесподстилочного навоза и особенности их применения?
3. Что такое компосты, какова их удобрительная ценность?
4. Что следует учитывать при применении органических удобрений?
5. Испытывает ли агросистема экологическую нагрузку при внесении органических удобрений?

#### **Литература:**

- 1 Агрохимия (под ред. Минеева В.Г.) - М., 2001
- 2 Вильдфуш И.Р. и др. Агрохимия. – Минск, 2001
- 3 Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
- 4 Авдонин Н.С. Свойства почв и урожай. – М.: Колос, 1965
- 5 Агроэкологические принципы земледелия /Под ред.И.П.Макарова и А.П.Щербакова. – М.:Колос, 1993
- 6 Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. – М., 1993

### **Лекция №9**

#### **АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА – РАСТЕНИЯ - ЧЕЛОВЕК»**

Нарушение экологического равновесия в природе сказывается в первую очередь на таких важнейших составляющих экосистемы – почва и растения. Одним из самых распространенных видов загрязнения являются тяжелые металлы.

К металлам относятся 18 элементов, которые по свойствам могут быть разделены на 3 класса: класс А (Ca, Mg, Mn, K, Sr, Na), класс В (Cd, Cu, Hg, Ag); промежуточный (Zn, Pb, Fe, Cr, Co, Ni, As, V). Металлы класса А преимущественно связывают кислород, металлы класса В – азот и серу; металлы промежуточного класса связывают все элементы. При этом к тяжелым металлам относят элементы, плотность которых выше 5 г/см<sup>3</sup>. В качестве приоритетных загрязнителей Агентством по охране окружающей среды выделены Cd, Cu, As, Ni, Hg, Pb, Zn, Cr.

В результате хозяйственной деятельности человека происходит загрязнение окружающей среды химическими средствами интенсификации промышленности и сельскохозяйственного производства, твердыми, жидкими и газообразными отходами животноводческих ферм, комплексов и крупных городов, детергентами, долгоживущими продуктами распада синтетических веществ, продуктами сгорания топлива и т.п. Ущерб от загрязнения может составлять значительную долю от валового дохода каждого государства, в том числе и Казахстана. Общая площадь, подвергнутая действию атмосферных выбросов промышленных предприятий в Республике Казахстан, составляет 1580 тыс. га, из которых 780 тыс. га занимают сельскохозяйственные угодья.

Загрязнение тяжелыми металлами атмосферы, почвы и воды в культурных ландшафтах опасно не только потому, что оно может заметно снизить продуктивность растений, в первую очередь сельскохозяйственных, необходимых для питания человека и кормления сельскохозяйственных животных, но и нарушить естественно сложившиеся фитоценозы, вызвать, при определенных условиях, угрозу серьезной деструкции ассимиляционного потенциала фитомассы,

привести к нарушению нормальных процессов органогенеза, к появлению специфических изменений, возникающих у растений из различных систематических групп.

Загрязнение тяжелыми металлами ухудшает гигиеническое качество среды обитания человека, включая и качество продуктов сельского хозяйства. При этом в золе растений возрастает содержание тяжелых металлов, что опасно для здоровья человека и сельскохозяйственных животных.

Высшие растения без каких-либо признаков отравления и патологических изменений могут содержать опасные для человека и животных концентрации вредных веществ.

Известно, что физиологическое и агрономическое значение имеет не валовое содержание загрязняющих веществ, а их подвижные формы в почве.

Данные длительных (10-20 лет) опытов в разных регионах свидетельствуют о том, что на поступление загрязняющих веществ в растения большое влияние оказывают факторы, определяющие их подвижность – степень кислотности почвы, содержание анионов, образующие с загрязняющими веществами растворимые и нерастворимые соли, содержание веществ с высокой сорбционной способностью, а также гумуса.

Обнаружено, что при воздействии свинца происходит активация перекисного окисления липидов (ПОЛ) и понижение антиоксидантной системы защиты клетки. Нарушение регуляции интенсификации процессов ПОЛ является одной из причин развития патологического процесса в организме.

При поступлении металлов в организм человека и животных основными органами депонирования являются легкие и печень.

Тяжелые металлы поступают в растения через почву и из атмосферы. Из почвы растения поглощают металлы через корневую систему. Из воздуха ТМ могут проникать через устьица или фиксироваться на восковых структурах эпидермиса. Из водных растворов ТМ могут поступать через устьица и кутикулу.

Растения накапливают ТМ в надземных органах и корнях. Наибольшее количество ТМ содержат корни, меньше накапливаются ТМ в стеблях и листьях, еще меньше в зерне. Концентрация ТМ в зерне и надземных органах связана с эффектом задержания их в корнях, и он проявляется сильнее у металлоустойчивых видов, по сравнению с неустойчивыми. Вероятно, у металлоустойчивых форм в корнях металлы интенсивнее переводятся в нерастворимую форму, что снижает концентрацию подвижных форм и увеличивает градиент концентрации между почвенным раствором и тканями корня, приводя к увеличению поглощения металлов. Содержание ТМ в почвах и растениях зависит от подвижности металла в почве.

Характер накопления металлов в органах растений зависит от вида растений и металла. Так, цинк при высоких концентрациях (25 мг/кг) накапливается в значительных количествах в надземных органах пшеницы и бобов. Защитная функция корней по отношению к кадмию выражена сильнее, чем для цинка, который не накапливается в корнях, а передвигается в стебли и листья. Это, вероятно, обусловлено неодинаковой ролью этих элементов в метаболизме растений. По сравнению с цинком и кадмием поступление свинца в надземную часть было намного ниже. Наибольшая часть свинца задерживается в корневой системе.

Локализация металла в частях растений зависит от его подвижности. По данным исследователей, свинец у растений люпина содержался большей частью в кончиках корней, меньше в базальной части и гипокотиле. Большая часть свинца обнаружена в кортикальной паренхиме по сравнению с центральным цилиндром. Этот факт авторы объясняют меньшей лабильностью свинца по сравнению с другими металлами.

Тяжелые металлы связываются с клеточной оболочкой и накапливаются в вакуолях, а также в межклеточном пространстве, диктиосомах, эндоплазматической сети, ядерной оболочке.

Токсическое действие тяжелых металлов проявляется в угнетении роста и накопле-

ния биомассы, в нарушении водного обмена и снижении урожайности. В большей степени подавляется рост корней в результате нарушения зоны меристемы. Тяжелые металлы подавляют также рост надземных органов, при этом нарушается развитие ассимиляционных органов, ослабляются процессы накопления сухой биомассы, что снижает жизнеспособность растений.

Ионы железа, стронция, цинка подавляют интенсивность деления клеток, угнетают митотический цикл, изменяют соотношение фаз митоза. При этом в растворах тяжелых металлов увеличивается время растяжения клеток и значительно уменьшается количество клеток, достигших окончательных размеров. При воздействии в период митоза кадмий вызывает нарушение деления ядра в клетках меристемы корня кукурузы и эти нарушения необратимы и приводят к гибели клеток. Кадмий вызывал эффекты на внутриклеточном уровне: происходила дезорганизация пространственного размещения органелл в кончиках трубок.

Выявлено, что избыточное количество тяжелых металлов подавляет дыхание и фотосинтез у растений, инактивирует метаболически важные белки и другие макромолекулы, выполняющие каталитические и регуляторные функции, способствуют накоплению пролина и повышению активности пероксидазы в корнях проростков риса. При воздействии тяжелых металлов происходит изменение основных свойств мембран (деформация мембран) и подавление активности АТФазы.

В тоже время некоторые растения – накопители тяжелых металлов – могут быть использованы для очистки загрязненных почв. Известны растения – гипераккумуляторы тяжелых металлов; *Ambrosia artemisiifolia* (амброзия полыннолистная), *Thlaspi rotundifolium* (ярутка), поглощающие Zn, Pb, Cd, которые накапливают их в вегетативных органах, извлекая из почвы. Предполагается, что в этих растениях образуются нерастворимые комплексные соединения металлов с белками, обогащенные глицином, цистеином, глутаминовой кислотой.

В настоящее время поиск видов растений, устойчивых к ионам ТМ, изучение металлоустойчивости растений и раскрытие ее природы, разработка повышения устойчивости и ограничения токсического действия ТМ на растения, представляют теоретический и практический интерес.

Считается, что среди химических элементов тяжелые металлы являются наиболее токсичными, из которых приоритетными загрязнителями считаются Hg, Pb, Cd, Zn, As, главным образом потому, что техногенное их накопление в окружающей среде идет высокими темпами.

Эта группа веществ обладает большим сходством с физиологически важными органическими соединениями и способна их инактивировать. Их избыточное поступление в организм нарушает процессы метаболизма, тормозит рост и развитие, при этом снижается выход продукции (урожай) и ухудшается ее качество.

Во всех опытах, проведенных со свинцом и цинком, наблюдалось усиление действия металлов во времени.

Известно, что тяжелые металлы вызывают денатурацию белков. Поэтому повышение гидрофильности мембран после обработки свинцом вероятно связано с разворачиванием белковой глобулы мембраны вследствие действия денатурирующего агента (свинца). Поэтому снижение гидрофильности тканей, вероятно, может быть фактором, препятствующим денатурации.

Тяжелые металлы, прежде всего свинец, могут образовывать нерастворимые фосфаты, вызывая недостаток фосфора, т.е. нарушают фосфорный обмен в тканях. Тяжелые металлы, как правило, концентрируются в поверхностном слое почвы 0-10 (20) см, где они присутствуют в форме обменных ионов, входят в состав гумусовых веществ, карбонатов, оксидов Al, Fe и Mn.

При поступлении техногенных веществ из атмосферы в виде газов или с осадками в качестве барьера выступает растительный покров, задерживающий и ассимилирующий часть техногенного потока.

Токсическое действие металлов на растения, находящихся в них в избытке является результатом их сложных взаимоотношений с другими необходимыми элементами минерального питания. Антагонизм ионов может проявляться как между тяжелыми металлами, так и между металлами-макроэлементами – Ca, Mg, K, а также фосфором.

При возделывании сельскохозяйственных культур в зоне техногенного загрязнения необходимо учитывать размер и качество урожая, содержание тяжелых металлов в растительной продукции, ПДК тяжелых металлов в почве и растениях, применение агротехнических приемов по уменьшению поступления тяжелых металлов из почвы в растения.

Важную роль в защите растений от избытка поступающих из почвы тяжелых металлов выполняет корневая система. Задерживая избыточные ионы, корни способствуют сохранению в надземных органах благоприятных (невредных) концентраций химических элементов. Содержание тяжелых металлов в плодах минимально.

Среди высших растений представители однодольных (злаки) показывают большую толерантность к тяжелым металлам и меньше их накапливают, по сравнению с двудольными. Диапазон толерантности растения имеет видовую принадлежность и зависит от токсичности металла. Например, злаки более толерантны, чем бобовые культуры, а Zn менее токсичный элемент, по сравнению с Cd.

При постепенном нарастании концентраций ионов ТМ в среде наблюдается последовательное проявление признаков угнетения растительного организма: 1 – торможение роста, 2 – хлороз листьев, 3 – некроз верхушек и краев листьев, 4 – отмирание корней. В результате избыточного содержания ТМ в среде обитания уменьшается высота растений, сокращаются размеры органов, становится меньше биомасса, изменяется структура и снижается урожай.

Избыток ТМ сильно подавляет репродуктивную фазу развития растений. Особенно это относится к кадмию, который, к примеру, в опытах с конскими бобами не подавлял вегетативную фазу развития, но сильно угнетал процесс формирования плодов и семян.

При избытке в почве свинца и цинка становятся заметными результаты его взаимодействия с фосфат-ионами. Вследствие образования малоподвижных солей фосфорное питание растений становится недостаточным, отмечается обеднение тканей этим элементом.

При повышении содержания тяжелых металлов в почве происходит увеличение количества азота в растениях. Оно связано с ростом содержания белка на фоне снижающегося урожая (обычное явление при неблагоприятных внешних условиях).

Основным показателем качества растительной продукции в условиях техногенного загрязнения должно быть содержание в ней тяжелых металлов. При избыточной концентрации ТМ в растениях изменяется характер белкового обмена: снижается содержание лизина, глицина, серина, аргинина, гистидина, несколько возрастает количество глутаминовой кислоты и пролина. Растения способны увеличивать содержание серосодержащих аминокислот для нейтрализации токсического действия избытка ртути. Кадмий снижает содержание всех аминокислот в зерне пшеницы, за исключением фенилаланина. Наиболее сильным ингибитором синтеза незаменимых аминокислот оказался кадмий, который снижал общую сумму незаменимых аминокислот в зерне пшеницы на 1-2% и в зерне бобовых на 1-5%. Определение содержания в растениях тяжелых металлов является наиболее объективным приемом выявления пригодности техногенно-загрязненных почв для сельскохозяйственного использования. Более объективную оценку загрязнения можно получить при определении в почве содержания подвижной формы тяжелых металлов.

К рекомендуемым приемам детоксикации избытка тяжелых металлов в почве относятся: внесение извести на кислых почвах, применение органических удобрений (навоз, торф, биогумус), фосфорных удобрений, гуминовых кислот.

Применение навоза, торфа, органоминеральных компонентов позволяет использовать свойства многих органических соединений к комплексообразованию с тяжелыми металлами. Образующиеся металлоорганические комплексы являются или малоподвижными, или неспособными к преодолению клеточных мембран на границе почва-корень.

Значительной способностью к детоксикации ТМ обладают фосфорные удобрения, которые осаждают тяжелые металлы, переводя их в нерастворимую или малорастворимую форму. Фосфаты свинца, цинка и других металлов представляют собой трудно растворимые соединения, малодоступные для растений. Поэтому внесение фосфорных удобрений на кислых почвах с целью инактивации избытка тяжелых металлов – один из важных приемов охраны здоровья.

Для детоксикации избытка тяжелых металлов в почве, возможно, эффективным станет использование цеолитов, как природных, так и искусственных. Будучи емкими ионообменниками, цеолиты в состоянии обменно поглощать наиболее мобильную часть элементов-загрязнителей, уменьшая их поток в растения. Уменьшение поступления свинца примерно в два раза в растения кукурузы было отмечено в опыте, где в почву, загрязненную этим металлом, добавляли клинооптиламин. При применении разных видов цеолита на кислых почвах, загрязненных свинцом, удавалось снизить содержание этого металла на 30%.

Также в качестве метода очистки почв от тяжелых металлов можно использовать природный адсорбент – бентонит, который связывает ТМ в недоступные или труднодоступные для растений соединения; микроудобрения, серу коллоидную.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое тяжелые металлы?
2. В чем заключается негативное воздействие ТМ на организм растений?
3. Каким образом происходит загрязнение почв ТМ?
4. Отличаются ли с/х растения по степени толерантности к воздействию ТМ?
5. Перечислите основные приемы снижения загрязнения почв и растительной продукции ТМ.

#### **Литература:**

- 1 Агрохимия (под ред. Минеева В.Г.) - М., 2001
- 2 Вильдфуш И.Р. и др. Агрохимия. – Минск, 2001
- 3 Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
- 4 Агроэкологические принципы земледелия /Под ред.И.П.Макарова и А.П.Щербакова. – М.:Колос, 1993
- 5 Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. – М., 1993
- 6 Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе «почва-растение». – Новосибирск.: «Наука», Сиб. Итдес., 1991. – 149 с.
- 7 Бушуев Н.Н. Взаимодействие тяжелых металлов с различными компонентами почв // Материалы международной научно-практической конференции «Роль природообустройства сельских территорий в обеспечении устойчивого развития АПК». – Москва, 2007

**Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан**  
**Казахский агротехнический университет им.С.Сейфуллина**  
**Кафедра почвоведения и агрохимии**

**Практические занятия по дисциплине «Система оптимизации минерального питания растений»**  
**для студентов 1 курса специальности 6М080100 - Агрономия**

**Астана – 2013**



**Практическое занятие №1**  
**Сельскохозяйственное производство в условиях техногенного загрязнения**  
**Практическое занятие №2**  
**Воздействие удобрений на почву**

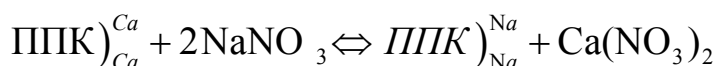
**Практическое занятие №3**

**Тема. ТРАНСФОРМАЦИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ПОЧВЕ**

**Цель занятия:** укрепить знания магистрантов в вопросах превращения минеральных удобрений в почве, особенности взаимодействия для разработки приемов повышения их эффективности.

Взаимодействие азотных удобрений с почвой происходит за счет обменной. Физической и биологической поглотительной способности. При взаимодействии с почвой азотные удобрения претерпевают определенные изменения.

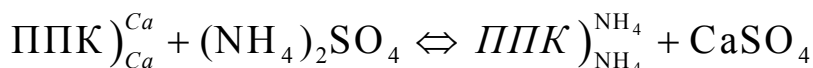
Нитратные формы азотных удобрений, быстро растворяясь в почвенном растворе, вступают в обменные реакции с почвенным поглощающим комплексом по схеме:



Катион натрия поглощается почвой, а нитрат-ион образует с вытесненным из ППК катионом кальция растворимую нейтральную соль.

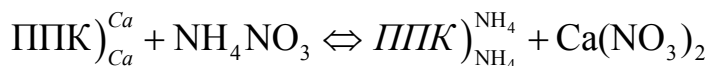
Нитратный азот не подвергается физико-химическому или химическому поглощению. Его связывание происходит только биологически. Поэтому нитратный азот сохраняет высокую подвижность в почве, что в условиях влажного климата или при орошении на легко дренируемых почвах (подстилаемых галечником) влечет за собой его вымывание. Вследствие чего следует учитывать сроки внесения этого удобрения.

**Аммиачные удобрения** после внесения в почву быстро растворяются в воде и вступают в реакцию обменного поглощения с почвенно-поглощающим комплексом:

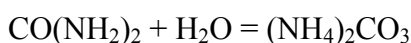


Способность почвы поглощать аммоний имеет существенное значение, так как, находясь в поглощенном состоянии, ион аммония приобретает меньшую подвижность и тем самым устраняется опасность вымывания азота даже в условиях сильного увлажнения почвы. Кроме того, поглощенный аммоний хорошо усваивается растениями.

**Аммиачно-нитратные удобрения** при внесении в почву растворяются в почвенной влаге, катионы аммония вступают в реакцию обменного поглощения с почвенно-поглощающим комплексом, а нитрат-ион остается в почвенном растворе, сохраняя высокую подвижность:



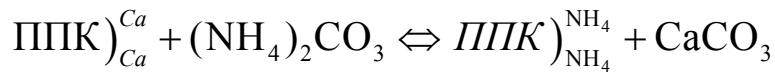
*Амидные удобрения: Мочевина (карбамид) в почве подвергается гидролизу с образованием углекислого аммония:*



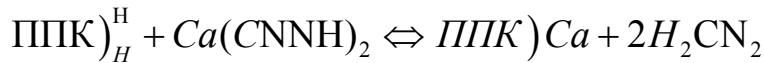
Углекислый аммоний как непрочное соединение разлагается с образованием бикарбоната аммония и аммиака:



Далее они вступают в реакцию обменного поглощения с почвенно-поглощающим комплексом:



Циан-амид кальция  $\text{CaCN}_2$  взаимодействует с почвой по схеме:  
 $2\text{CaCN}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{CNNH})_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$



При плохой заделке азотных удобрений происходит улетучивание аммиака:  
 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3$   
 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \rightarrow \text{NH}_4\text{HCO}_3 \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3$

Также может происходить необменное поглощение катионов аммония внутрь кристаллической решетки вторичных минералов. Которые станут доступными после дробления почвы, когда катионы оказываются на поверхности.

Фосфорные удобрения взаимодействуют с почвой химически.

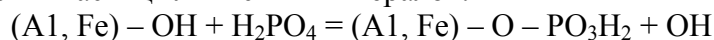
Поглощение фосфатов удобрений регулируется двумя параллельно идущими процессами – сорбции и химического осаждения. Соотношение между ними зависит от реакции почвенного раствора, содержания гумуса, степени диспергированности и реакционной способности почвенных глинистых минералов, доз удобрений и времени их взаимодействия с почвами.



Схема трансформации азота минеральных удобрений в почве  
 (по И.Вильдфлуш)

**Адсорбция фосфатов** на поверхности почвенных частиц может происходить благодаря обмену фосфат-ионов с  $\text{OH}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , ионами гумусовых и кремниевых кислот. Характерной чертой адсорбции является поведение адсорбированных фосфат-ионов как потенциалопределяющих с образованием внутренней части двойного электрического слоя.

По мнению немецкого ученого В. Матцеля, адсорбция фосфат-ионов происходит на близких к поверхности гидроксильных группах ( $\text{OH}^-$ ) оксидов алюминия и железа, а также на боковых поверхностях частиц глинистых минералов:



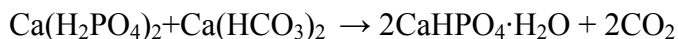
Таким образом, обменное поглощение фосфат-ионов в почве не подлежит сомнению. Это имеет большое значение для питания растений, так как благодаря ионному обмену адсорбированные фосфат-ионы могут переходить в почвенный раствор.

Поглощение фосфат-ионов растениями возможно потому, что они постоянно выделяют через корни при дыхании углекислый газ, который образует угольную кислоту, распадающуюся на ионы  $\text{H}^+$  и  $\text{HCO}_3^-$ . Последний и обменивается с коллоидами на  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ .

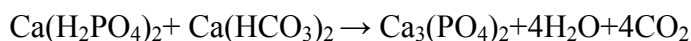
При более высоких равновесных концентрациях фосфора в растворе преобладают процессы физической адсорбции фосфатов, происходящие в потенциалопределяющем и компенсирующем слоях двойного электрического слоя. Для этих слоев характерно большое количество сорбционных мест, но с менее прочным закреплением фосфатного иона почвой.

Исследования по химии фосфора показали, что при внесении в почву монокальцийфосфата  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  вода в виде пара перемещается из окружающей почвы к удобрению. По мере растворения последнего образуется раствор, насыщенный монокальцийфосфатом и дигидратом дикальцийфосфата. Этот концентрированный раствор, содержащий много фосфора и кальция, затем передвигается по почвенным капиллярам от частиц удобрения, реагируя по пути с соседними частицами почвы и образуя свежесажженные фосфаты. В этот раствор из почвенных частиц переходит довольно много ионов алюминия, железа, марганца и кальция. Последние могут вступать в реакцию с растворенным фосфором и образовывать кристаллические и аморфные продукты различной степени растворимости и доступности растениям. Остаточный фосфор растворимых фосфорных удобрений быстро включается в химические, физико-химические и биологические процессы, протекающие в почве.

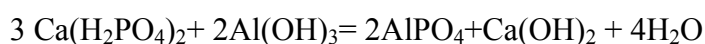
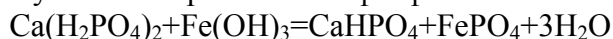
В трудно растворимые формы растворимые фосфаты удобрений превращаются в результате **химического осаждения фосфатов** из растворов. При этом образовавшиеся осадки со временем стареют, приобретая строение кристаллов. Таким образом, превращение водорастворимых фосфорных удобрений в нейтральных почвах происходит следующим образом:



В присутствии карбонатов превращение идет дальше с образованием трехзамещенного фосфата кальция



В почвах кислых, богатых полуторными окислами, могут образоваться слабо растворимые и поэтому трудноусвояемые растениями фосфаты железа и алюминия:



Образованию фосфатов железа и алюминия кроме высокой кислотности почвы и малой концентрации ионов кальция способствует высокое содержание активных оксидов железа и алюминия. При нейтральной реакции почвы также могут образовываться фосфаты железа и алюминия вокруг частиц удобрения благодаря их подкисляющему свойству. В переувлажненных почвах даже при pH выше 5,5 образуются преимущественно фосфаты железа, в песчаных - преобладают фосфаты алюминия. Протекающие реакции приводят к образованию в почве фосфатных минералов: стренгита, варисцита, баррандита, гидроксиллапатита, фторапатита и других малодоступных для растений минералов.

Итак, можно выделить несколько механизмов необратимой фиксации фосфорной кислоты в почвах:

- быстрый переход растворимых, доступных форм фосфатов в малодоступные для растений формы под влиянием полуторных оксидов железа и алюминия, особенно на кислых почвах;

- фиксация доступных форм фосфорной кислоты главным образом вследствие адсорбции глинистыми минералами, насыщенными кальцием и другими катионами;

- адсорбция растворимых фосфатов на поверхности частиц извести и постепенное их превращение в гидроксиллапатиты или другие трудно растворимые соединения.

Превращение фосфоритной муки и других нерастворимых в воде форм фосфорных удобрений, в отличие от превращения рассмотренных водорастворимых форм фосфорных удобрений, состоит в их растворении под действием кислотности почвы, кислотами, выделяемыми микроорганизмами и растениями, а также в поглощении фосфатов почвой. В дальнейшем процесс поглощения фосфорной кислоты, фосфоритов и других водорастворимых форм фосфорных удобрений аналогичен поглощению почвой растворимых фосфорных удобрений.

Эффективность фосфорных удобрений не ограничивается действием на урожай с/х культур только в год внесения, они обладают высоким и длительным последствием, что дает возможность снижать их дозы при систематическом применении на одних и тех же почвах без ущерба для возделываемой культуры. Одним из основных приемов, повышающим эффективность фосфорных удобрений является внесение их с учетом содержания подвижных форм фосфора в почве и биологических особенностей удобряемых культур. Эффективность фосфорных удобрений повышается при ленточном внесении по сравнению с разбросным и на фоне хорошей обеспеченности почв азотом и калием.

Калийные удобрения в почве подвергаются реакции обменного поглощения и могут фиксироваться в кристаллической решетке глинистых минералов.

#### **Вопросы:**

1. Какой вид поглотительной способности характерен при взаимодействии азотных удобрений с почвой?
2. Что может происходить с азотными удобрениями при их неправильной заделке в почву?
3. Что такое сорбция фосфатов и от каких факторов она зависит?
4. В результате какого процесса происходит превращение растворимых фосфатов в трудно растворимые формы?
5. Перечислите механизмы необратимой фиксации фосфорной кислоты в почвах.

**Методические указания:** использовать раздаточный материал, рекомендуемую литературу

#### **Перечень заданий:**

Составить схемы трансформации минеральных удобрений в почве.

#### **Литература:**

- Агрономическая химия/ под ред. А.Г.Шестакова. – М.:ГИСХЛ, 1954.-431 с.  
Вильдфлуш И.Р., Кукреш С.П, Ионас В.А. и др. Агрохимия. – Минск:Ураджай, 2001. – 488 с.  
Минеев В.Г. Агрохимия. – М.:МГУ, 2001.  
Минеев В.Г., Дебрецени Б. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. – М., 1993

### **Практическое занятие №4**

#### **Тема. ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СВОЙСТВ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПОЧВ РК ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КУЛЬТУР**

**Цель занятия:** дать магистрантам знания по показателям плодородия основных типов почв РК и их оптимальным параметрам для различных с/х культур.

Продуктивность с/х культур напрямую связана с почвенными условиями, которые определяются уровнем плодородия, физическими, водно-физическими и другими свойствами.

Уровень плодородия почв зависит не столько от содержания общего гумуса, сколько от содержания его мобильной части, определяющей питание растений, агрофизические и биологические свойства почвы.

Основой регулирования плодородия почвы является ее модель с оптимальными агрофизическими, агрохимическими, биологическими и экологическими показателями.



Показатели плодородия почвы оптимальны в том случае, если они обеспечивают формирование высокого планируемого урожая и качества продукции всех культур севооборота и должны соответствовать биологическим требованиям культурных растений.

### Показатели плодородия разных типов почв (пахотный слой 0-35 см)

| Показатели                         | Черноземы обыкновенные | Темнокаштановые | Светлокаштановые | Сероземы обыкновенные |
|------------------------------------|------------------------|-----------------|------------------|-----------------------|
| <b>Агрофизические свойства</b>     |                        |                 |                  |                       |
| - плотность                        | 1,1                    | 1,19            | 1,21             | 1,3                   |
| - пористость, %                    | 59                     | 55              | 55               | 46                    |
| - влагоемкость, %                  | 30                     | 30              | 28               | 25                    |
| - водопрочные агрегаты >0,25 мм, % | 60                     | 60              | 28               | 25                    |
| <b>Агрохимические свойства</b>     |                        |                 |                  |                       |
| - гумус, /т/га                     | 7/270                  | 4,1/99          | 2,59/59          | 1,3/60                |
| - азот, %/т/га                     | 0,3/12                 | 0,25/7,5        | 0,20/6,0         | 0,14/3,0              |
| - фосфор подвижный, мг/100 г       | 35-40                  | 35-40           | 30-35            | 25-35                 |
| - калий обменный, мг/100 г         | 350                    | 350             | 350              | 400                   |

Наиболее мощным фактором управления плодородием почв, его сохранения и воспроизводства, повышения продуктивности культур являются минеральные и органические удобрения, соблюдение севооборотов, проведение фитосанитарных мероприятий, внедрение региональных систем обработки почвы и др.

#### Вопросы:

1. Как группируются почвы по обеспеченности подвижными формами питательных веществ?
2. Принятая градация обеспеченности подвижными формами питательных веществ подходит для всех культур или она различается?

3. Каким образом гранулометрический состав почв определяет оптимальные почвенные условия?
4. По каким показателям характеризуют условия влагообеспеченности?
5. От чего зависят плотность сложения и структурность почв?
6. В чем агрономическое значение структуры?

**Методические указания:** использовать раздаточный материал, рекомендуемую литературу

**Перечень заданий:**

Составить таблицы по оптимальным значениям показателей плодородия основных типов почв Республики Казахстан (содержание гумуса, рН, содержание подвижных форм питательных веществ, структура, сложение, водопроницаемость, гранулометрический состав почв, запасы продуктивной влаги и др.) для основных групп сельскохозяйственных культур

**Литература:**

- 1 Елешев Р.Е. Регулирование плодородия – ключевой вопрос земледелия // Доклады международной конференции «Достижения и перспективы земледелия, селекции и биологии сельскохозяйственных культур». – Алматы, 2010. – С.69-73
- 2 Минеев В.Г. Агрохимия. – М.:МГУ, 2001.
- 3 Фаизов К.Ш. и др. Почвы Казахстана. – Алматы, 2001
- 4 Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М., 1996.

## **Практическое занятие №5**

### **Тема. ПРИЕМЫ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ**

**Цель занятия:** показать роль удобрений в поддержании положительного баланса биогенных элементов и возможность получения экологически чистой продукции при применении удобрений.

Азот в почве пополняется за счет внесения азотных удобрений, которые не только увеличивают содержание азота в почве, но и способствуют усилению минерализации органического азота. В органической форме в почве закрепляются 10–20% азота нитратных и 30–40% аммиачных и амидных соединений. Превращение азота в органические формы резко возрастает при запашке в почву органических соединений с низким содержанием азота (пожнивные остатки, соломы, навоз с большим содержанием соломы). Закрепившийся азот медленно минерализуется и слабо усваивается растениями и действие азотных удобрений в последующие годы незначительно – 2–3%.

Для сохранения положительного баланса азота в почве и получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур большое значение имеет применение минеральных азотных удобрений.

Фосфор не имеет естественных источников пополнения запасов в почве, как азот. Потребление его запасов из почвы на создание урожаев можно восполнить только за счет внесения фосфорных и органических удобрений. В атмосфере фосфор находится в небольшом количестве в виде пыли. Поэтому круговорот фосфора относительно более прост, чем азота, т.е. в круговорот вовлечены лишь почва, вода, растения. Но на доступность его растениям влияют многие факторы среды. Потери фосфора происходят также в основном при эрозии в мелкозем и жидких стоках.

Калию столь важного внимания в балансе не уделяется, что можно объяснить естественным высоким содержанием его доступных форм в почве. Кроме того, небольшая часть калия поступает в почву с минеральными и органическими удобрениями.

Наряду с биогенными элементами растения поглощают из почвы и токсиканты, в том числе тяжелые металлы, остатки пестицидов и др. Поэтому при рассмотрении вопроса о получении экологически чистой продукции растениеводства следует:

- учитывать биологические особенности культур;
- применять оптимальные нормы удобрений с учетом запасов элементов питания в почве;
- учитывать содержание кальция, магния и микроэлементов в почве;
- правильно сочетать в системе удобрения в севообороте органической, биологической и минеральной системы удобрения;
- правильно подбирать формы, сроки и способы внесения удобрений с учетом свойств почв и культур;
- оптимизировать условия возделывания (освещение, увлажнение, температура);
- совершенствовать технологии производства минеральных удобрений на принципе безотходности;
- применять навоз, биогумус, сидераты, солому и др., которые способствуют образованию гумуса и закреплению токсикантов в почве.

#### **Вопросы:**

- 1 Каким образом удобрения оказывают влияние на баланс биогенных элементов в земледелии?
- 2 За счет чего пополняются запасы азота в почве?
- 3 Имеет ли фосфор естественные источники пополнения запасов в почве?
- 4 Каким образом можно снизить поступление токсикантов в растения?

**Методические указания:** использовать раздаточный материал, рекомендуемую литературу

#### **Перечень заданий:**

Изучить вопросы баланса круговорота питательных веществ в земледелии.

#### **Литература:**

- 1 Агрономическая химия/ под ред. А.Г.Шестакова. – М.:ГИСХЛ, 1954.-431 с.
- 2 Агрохимия / под ред. П.М.Смирнова. – М.: Колос, 1975. – 512 с.
- 3 Агрохимия / под ред. Б.А.Ягодина и др. – М.: Агропромиздат, 1989.– 639 с.
- 4 Вильдфлуш И.Р. и др. Агрохимия. – Минск:Ураджай, 2001. – 488 с.
- 5 Минеев В.Г. Агрохимия. – М.:МГУ, 2001.
- 6 Минеев В.Г., Дебрецени Б. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. – М., 1993

## **Практическое занятие №6**

### **Тема. ЕСТЕСТВЕННЫЙ И АНТРОПОГЕННЫЙ ЦИКЛ АЗОТА В ПРИРОДЕ**

**Цель занятия:** научить магистрантов давать правильную оценку естественного и антропогенного баланса питательных элементов (на примере азота).

Общий запас азота в почве и содержание в ней минеральных соединений азота постоянно изменяются в связи с расходом азота с одной стороны и его пополнением – с другой.

Расход азота происходит в результате эрозии, вымывания нитратов, денитрификации и др. Содержание минеральных форм азота снижается за счет иммобилизации. Потери азота могут происходить и при неправильной и несвоевременной заделке удобрений в почву, особенно нитратных. Расход азота из почвы происходит за счет выноса его растениями с урожаем – от 20 до 300 кг в зависимости от культуры и уровня урожайности; за счет улетучивания с поверхности почвы в виде атмосферного азота или аммиака; за счет вымывания подвижных форм в нижележащие горизонты почвы.

Снизить потери азота в результате вымывания нитратов и денитрификации можно при использовании ингибиторов, которые сохраняют азот в аммонийной форме. При развитии эрозии предотвратить вымывание азота можно проведение противоэрозионных мероприятий.

Азот в почве пополняется за счет внесения азотных удобрений, которые не только увеличивают содержание азота в почве, но и способствуют усилению минерализации органического азота.

Запасы азота в воздухе огромны, они составляют 75,6% по массе или 78,09% по объему. Согласно подсчетам, эта величина достигает  $4 \cdot 10^{15}$  т молекулярного азота. Однако молекулярный азот сам по себе не усваивается высшими растениями. В природе существуют два пути превращения азота в доступную растениям форму: **химическая и биологическая азотфиксация**.

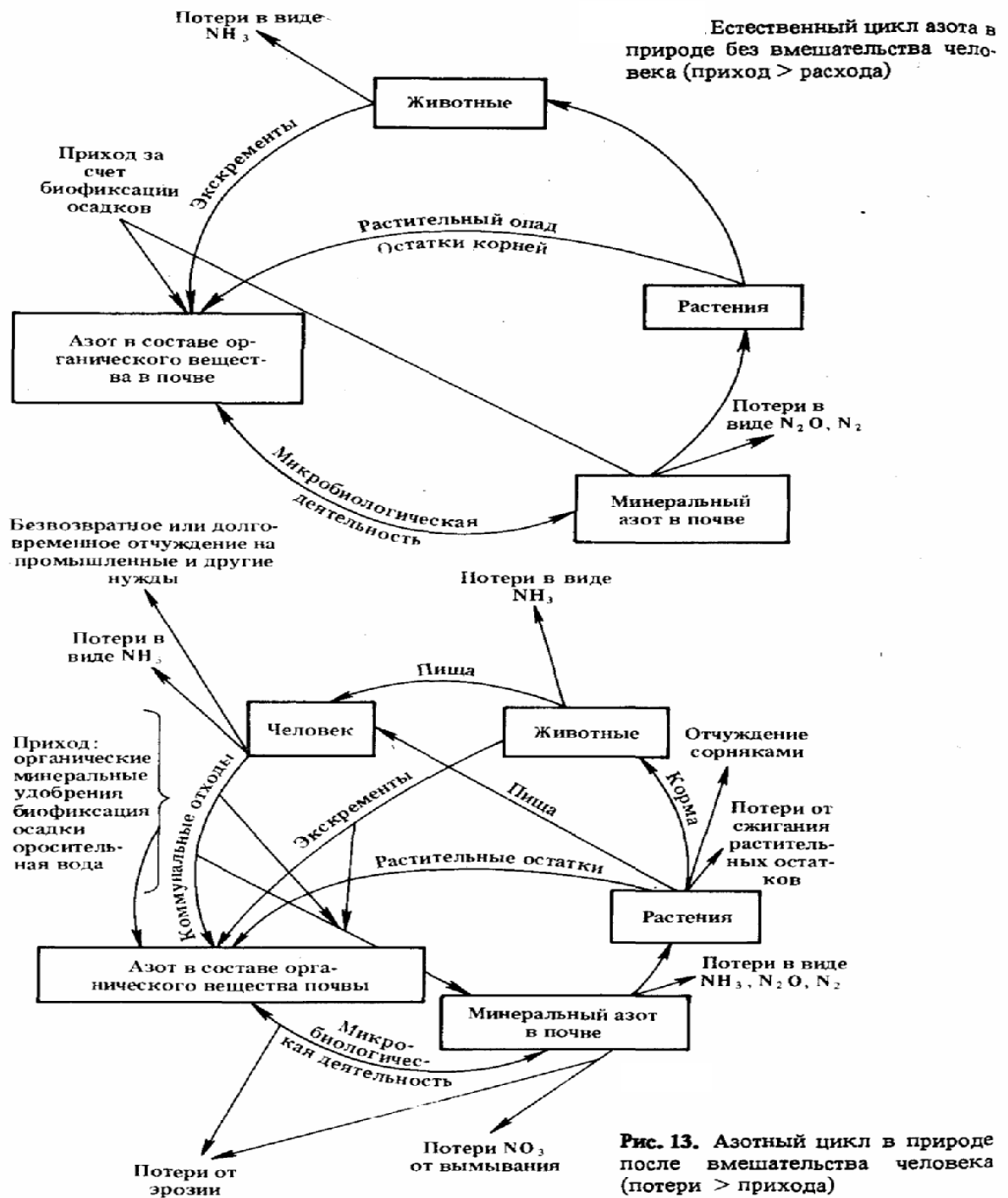
*Химическое связывание*  $N_2$  в форме ионов  $NH_4^+$  и  $NO_3^-$  в небольшом количестве происходит при фотохимических процессах и электроразрядах в атмосфере.

Основная масса азота своим происхождением обязана *биологической азотфиксации* и составляет около  $17,2 \cdot 10^7$  т в год, что в настоящее время в четыре раза превышает мировое промышленное производство аммиака.

К биологической азотфиксации способны как свободно живущие микроорганизмы (роды *Azotobacter*, *Beijerinckia*, некоторые штаммы *Clostridium*, фотосинтезирующие бактерии и вид цианобактерий *Tolypothrix tenius*), так и симбиотические с высшими растениями (роды *Rhizobium*, *Frankia*, *Nostoc*).

Помимо минерального и органического азота, дополнительное количество его 3–5 кг/га попадает в почву с осадками, с семенами, за счет деятельности микроорганизмов (сине-зеленые водоросли в воде рисовых полей фиксируют до 100 кг азота из воздуха, а клубеньковые бактерии бобовых накапливают до 250–300 кг/га азота).





**Вопросы:**

1. Из каких статей складывается приходная часть баланса азота
2. Составляющая часть расхода азота?
3. В чем отличие естественного и антропогенного цикла азота в природе?

**Методические указания:** использовать раздаточный материал, рекомендуемую литературу

**Перечень заданий:**

Составить схему естественного и антропогенного цикла азота в природе

**Литература:**

- 1 Вильдфлуш И.Р. и др. Агрохимия. – Минск:Ураджай, 2001. – 488 с.
- 2 Минеев В.Г. Агрохимия. – М.:МГУ, 2001.

3 Минеев В.Г., Дебрецени Б. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. – М., 1993

4 Петербургский А.В. Агрохимия и физиология питания растений. – М.:Колос,

### Практическое занятие №7

#### Тема. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПТИМАЛЬНЫХ НОРМ АЗОТНЫХ И ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ КУЛЬТУР СЕВООБОРОТОВ

**Цель занятия:** Оценку и оптимизацию пищевого режима почв в основном проводят по содержанию в них доступных форм. Поскольку эти вопросы связаны с высокой отзывчивостью культур на удобрения необходимо освоить методы определения потребности растений в удобрениях во взаимодействии.

В результате невысокого коэффициента использования питательных веществ из удобрений, их потерь из почвы создается дисбаланс в земледелии в основном по азоту и фосфору.

Расчет доз азота можно проводить балансовым методом (Соколов А.В., Журбицкий З.И., Шатилов И.С., Боддырев Н.К. и др.)

Определение количества эффективного азота ( $N_{эфф}$ ), которое растению дает сама почва в течение вегетации по содержанию  $N_{мин}$  в начале вегетации проводится по формуле:

$$N_{эфф}, \text{ кг/га} = N_{мин} \cdot d \cdot h \cdot \text{КИП} / 10 \cdot 100, (1)$$

а расчет дозы азота для получения запланированного урожая (ли прибавки) – по уравнению:

$$DN_{эфф}, \text{ кг/га} = (B - N_{эфф}) \cdot 100 / \text{КИУ}, (2)$$

где  $D$  – доза азота на запланированный урожай, кг/га;  $B$  – вынос азота запланированным урожаем культуры, кг/га;  $N_{мин}$  – (содержание минерального азота в почве  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{NH}_4^+$ ), мг/кг;  $N_{эфф}$  – количество эффективного азота (кг/га), которое растения получают из почвы (слоя) с учетом текущей нитрификации, определяемой показателем КИП, %; КИП  $N_{мин}$  – коэффициент использования минерального азота почвы, %; КИУ – коэффициент использования азота из минеральных удобрений, %;  $d$  – объемная масса  $1 \text{ см}^3$  анализируемого слоя;  $h$  – глубина анализируемого слоя, см;  $d \cdot h / 10$  – масса слоя почвы в млн.кг для перевода минерального азота почвы из мг/кг в кг/га; 100 – коэффициент перевода в %.

Определение оптимальной дозы фосфора применительно к каждому полю и конкретной культуре проводится по формуле:

$$DP, \text{ кг/га} = (P_{опт} - P_{факт}) \cdot 10,$$

где  $P_{опт}$  – оптимальный уровень содержания фосфора в почве, мг/кг;  $P_{факт}$  – фактическое содержание подвижного фосфора в почве, мг/кг; 10 – эквивалент кг  $\text{P}_2\text{O}_5$  удобрений на 1 мг дефицита  $\text{P}_2\text{O}_5$  в почве.

#### Вопросы:

1 Какие методы определения норм удобрений вы знаете?

2 Что является основой расчета оптимальных норм минеральных удобрений?

**Методические указания:** использовать раздаточный материал, рекомендуемую литературу

#### Перечень заданий:

Провести расчеты норм азотных и фосфорных удобрений для различных культур и различного уровня обеспеченности почв питательными элементами

#### Литература:

1 Вильдфлуш И.Р. и др. Агрохимия. – Минск: Ураджай, 2001. – 488 с.

2 Минеев В.Г. Агрохимия. – М.: МГУ, 2001.

3 Минеев В.Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. – М., 1993

4 Петербургский А.В. Агрохимия и система применения удобрений. – М.:Колос, 1967. – 423 с.

5 Пономарева А.Т., Елешев Р.Е. Система применения удобрений. – А.-А.: Кайнар, 1991. – 192 с.

## Практическое занятие №8

### Тема. ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

**Цель занятия:** научить магистрантов принципам экологически безопасного применения минеральных удобрений.

При внесении азотных удобрений экологическая нагрузка на среду снижается при соблюдении следующих правил:

- вносить азотные удобрения в соответствии с обеспеченностью почв нитратным азотом;

- отдавать предпочтение локальному допосевному внесению удобрений или предпосевному рядковому внесению сложных удобрений;

- не допускать внесения завышенных доз азотных удобрений;

- использовать азотные удобрения в течение лета для подкормки многолетних злаковых трав и пропашных культур, для некорневых подкормок яровой и озимой пшеницы;

- при орошении проводить подкормки азотом при поливе;

- на засоренных полях применять азотные удобрения в сочетании с гербицидами;

- при запашке 1 т соломы зерновых обязательно вносить 10 кг азота ;

- вносить азотные удобрения на фоне хорошей обеспеченности фосфором и калием.

При применении фосфорных удобрений без ущерба для экологии следует учитывать:

- низкий коэффициент использования фосфора удобрениями отдельными культурами и в агроценозе;

- периодическое внесение фосфорных удобрений или зафосфачивание почвы нарушает баланс других биогенных элементов, связывает их, переводя в недоступные для растений формы;

- с фосфорными удобрениями в почву и растения могут поступать вредные примеси, фтор и тяжелые металлы;

- в результате химического поглощения в почве происходит ретроградация – переход части  $P_2O_5$  в соединения, нерастворимые в воде.

Поэтому экологически безопасные способы их внесения должны учитывать содержание в почве его доступных форм, применение физиологически кислых азотных удобрений на карбонатных почвах.

Безопасное применение калийных удобрений в первую очередь определяется использованием его форм, большинство из которых содержит хлор. Последний в свою очередь удаляется из почвы при осеннем внесении под зяблевую вспашку путем миграции в более глубокие слои почвенного профиля.

#### Вопросы:

1 В чем заключаются экологически безопасные приемы применения минеральных удобрений?

2 Что такое ретроградация?

3 Чем определяется безопасное применение калийных удобрений?

**Методические указания:** использовать раздаточный материал, рекомендуемую литературу

#### Перечень заданий:

Изучить экологически безопасные способы применения удобрений

#### Литература:

- 1 Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
- 2 Вильдфлуш И.Р. и др. Агрехимия. – Минск: Ураджай, 2001. – 488 с.
- 3 Елешев Р.Е. Фосфорные удобрения и урожай. – А.: Кайнар, 1985
- 4 Минеев В.Г. Агрехимия. – М.: МГУ, 2001.
- 5 Минеев В.Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. – М., 1993

### Практическое занятие №9

#### **Тема. ПРИМЕНЕНИЕ СТОЧНЫХ ВОД В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЙ. НЕ-ТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ И ЭКОЛОГИЯ**

**Цель занятия:** показать возможность использования очищенных сточных вод в качестве удобрения и получения экологически чистой растениеводческой продукции.

Отходы городского коммунального хозяйства, в том числе и очищенные сточные воды (ОСВ) в крупных городах и населенных пунктах порождают массу проблем в связи с их утилизацией.

Существует ряд способов утилизации ОСВ: сбрасывание в моря и океаны, захоронение в почвенной среде, обезвреживание и использование в качестве органических удобрений, как добавка при приготовлении различных компостов и т.д.

Есть традиционный способ полевого компостирования отходов в штабелях под открытым небом. Он прост в техническом отношении, не требует больших затрат, обеспечивает высокий обеззараживающий эффект. С помощью такого способа из бытового мусора и осадка сточных вод получают компост, обладающий высокой агрономической ценностью.

Одним из способов утилизации ОСВ является его использование в качестве органоминерального удобрения, при этом одновременно решается ряд задач: исключается необходимость хранения (захоронения), повышается плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур, не загрязняется окружающая природная среда.

Несомненным достоинством ОСВ является высокое содержание органического вещества - до 75%, которое в значительной мере определяет направления процесса почвообразования, биологические, химические и физические свойства почвенной среды.

#### **При применении ОСВ учитывается следующее:**

1. Химический состав сточных вод не стабилен.
2. Сточные вод обладают высокой удобрительной ценностью, обеспечивая прибавку урожая озимой пшеницы порядка 25-30 ц/га, кукурузы 60-180 ц/га.
3. Сточные воды способствуют повышению концентрации ионов  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Ca^{2+}$ . Эти изменения как в качественном, так и в количественном отношении (увеличивается масса сухого остатка водной вытяжки) близки к эффекту при внесении навоза.
4. Осадки сточных вод положительно влияют на физические свойства почвы, в том числе на влагоемкость. Существенно возрастает в почве количество общего азота.
5. Нормированное внесение ОСВ в почву не повышает в растениях уровень концентрации ионов тяжелых металлов выше ПДК, их содержание находится в пределах норм, предусмотренных для сельскохозяйственных культур в животноводстве.
6. Наибольший биоэнергетический и экономический эффект от внесения ОСВ обеспечивается при возделывании пропашных культур (кукуруза и др).
7. Дозы ОСВ устанавливаются дифференцированно, в зависимости от типа почв, степени их окультуренности и обеспеченности элементами питания возделываемых сель-

скохозийственных культур, с учетом в каждом конкретном случае содержания тяжелых металлов в почве

8. Внесение ОСВ следует осуществлять не чаще одного раза в 5 лет под основную обработку почвы или под зяблевую вспашку, преимущественно под зерновые, технические и кормовые культуры (кукурузу и др).

**Вопросы:**

1 Какие вы знаете способы утилизации очищенных сточных вод?

2 Что входит в состав сточных вод?

3 В чем заключается удобрительная ценность сточных вод?

4 Какие негативные последствия могут проявляться при неконтролируемом применении сточных вод?

**Методические указания:** использовать раздаточный материал, рекомендуемую литературу

**Перечень заданий:**

Проработать по литературным данным вопросы применения сточных вод в сельском хозяйстве.

**Литература:**

1 Вильдфлуш И.Р. и др. Агрохимия. – Минск: Ураджай, 2001. – 488 с.

2 Минеев В.Г. Агрохимия. – М.: МГУ, 2001.

3 Минеев В.Г. и др. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. – М., 1993

## Практическое занятие №10

### Тема. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

**Цель занятия:** показать особенности и целесообразность совместного применения минеральных и органических удобрений.

Основа правильного построения системы удобрения – сочетание органических удобрений с минеральными. В этом случае создаются благоприятные условия для повышения плодородия почв и нормального питания растений.

При любом уровне применения минеральных удобрений использование в хозяйстве навоза агрономически, экологически и экономически целесообразно. Учитывая длительное последствие навоза в условиях севооборота возможно раздельное внесение органических минеральных удобрений под разные культуры.

В паровых севооборотах навоз вносится в паровое поле, в зернопаропропашных – под пропашную культуру. Если в первом звене севооборота высеваются многолетние травы, то органические удобрения вносят во втором звене с тем, чтобы поля равномерно обеспечивались органическим веществом.

При длительном внесении минеральных и органических удобрений их эффективность примерно одинаковая. Но при систематическом внесении одних минеральных удобрений может несколько измениться реакция почвенного раствора и создаваться высокая концентрация питательных веществ, отрицательно влияющая на развитие молодых растений. При внесении только органических удобрений, растения, пока навоз не разложился, могут испытывать недостаток элементов питания.

Ввиду длительности разложения навоза и его минерализации его следует вносить в первую очередь под культуры с длительным периодом вегетации, максимальная потребность которых в питании совпадает по времени с интенсивным разложением навоза, а также под растения с коротким периодом вегетации, которые не переносят повышенной концентрации минеральных солей в почвенном растворе.

При применении удобрений также следует учитывать, что навоз – слабощелочное удобрение, способное нейтрализовать реакцию почвы и повысить ее буферность. Поэтому

необходимо подбирать такие формы минеральных удобрений, которые оказывали бы действие на реакцию почвы аналогично навозу (например, азот в форме мочевины, фосфор в форме преципитата или термофосфата).

**Вопросы:**

1. Как изменяются свойства почвы при длительном применении только минеральных удобрений?

2. В чем заключается положительное действие совместного применения минеральных удобрений и навоза?

3. Какие культуры не выносят повышенной концентрации питательных веществ.

4. Под какие культуры внесение навоза в первую очередь более эффективно?

**Методические указания:** использовать раздаточный материал, рекомендуемую литературу

**Перечень заданий:**

На примере севооборотов распределить минеральные и органические удобрения под культуры. Выбрать поля, где будет более эффективным применение минеральных и органических удобрений

**Литература:**

1 Вильдфлуш И.Р. и др. Агрохимия. – Минск:Ураджай, 2001. – 488 с.

2 Минеев В.Г. Агрохимия. – М.:МГУ, 2001.

3 Минеев В.Г., Дебрецени Б. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. – М., 1993

4 Пономарева А.Т., Елешев Р.Е. Справочник по применению удобрений. – Алма-Ата, 1981. – 213 с.

### **Практическое занятие №11**

#### **Тема. ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ТОКСИКАНТОВ В ПОЧВЕ, РАСТЕНИЯХ, УДОБРЕНИЯХ, РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ**

**Цель занятия:** знать допустимые пределы содержания нитратов, тяжелых металлов и других токсикантов в почве, сельскохозяйственной продукции, которые снижают питательную ценность, устойчивость к длительному хранению.

Нормированное содержание загрязнителей в почве и растениях предусматривает установление их предельно-допустимых концентраций (ПДК). Кроме ПДК существует фитотоксическое содержание элемента в почве. Фитотоксичным считается такое содержание ТМ, при котором в плодах в фазу технической зрелости происходит накопление металлов в количествах больших, чем предусматривается санитарно-гигиеническими нормами. Предельно-допустимые концентрации и концентрации, вызывающие сверхнормативное накопление загрязнителей в плодах, могут значительно отличаться между собой.

Коэффициент биологического накопления (КБН) – это отношение содержания загрязнителей в плодах к содержанию их ацетатно-растворимых, легкоподвижных форм в почве. Этот коэффициент (КБН) отличается от коэффициента биологического поглощения (КБП) и отражает степень накопления загрязнителей не всем растением, а плодами относительно содержания их ацетатно-растворимых форм в почве. Коэффициент биологического накопления (КБН) тяжелых металлов характеризует степень адаптивности организма к конкретным загрязнителям и их сочетаниям.

**Вопросы:**

1 Что такое предельно допустимые концентрации?

2 Какое содержание тяжелых металлов считается фитотоксичным?

3 Что такое коэффициент биологического накопления и как он рассчитывается?

4 Существуют ли значения ПДК на содержание тяжелых металлов в почве?

**Методические указания:** использовать раздаточный материал, рекомендуемую литературу

### **Перечень заданий:**

Составить таблицы по значениям предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в почве, сельскохозяйственной продукции.

### **Литература:**

1 Важенин И.Г. Методические рекомендации по обследованию и картографированию почвенного покрова по уровням загрязненности промышленными выбросами. – Москва, 1987. – 25с.

2 Рамад Ф. Основы прикладной экологии. Воздействие человека на биосферу. - Л.: Гидрометеоздат, 1981. - 543 с.

3 Смагулов А. Качество и безопасность. – Алматы, 2002

## **Практическое занятие №115**

### **Тема. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ**

**Цель занятия:** выработать у магистрантов навыки принятия управленческих и хозяйственных решений в области охраны окружающей среды и использования природных ресурсов на основе использования данных агроэкологического мониторинга.

Агроэкологический мониторинг в условиях высокой антропогенной нагрузки может стать основой для решения следующих эколого-экономических проблем:

- воспроизводство плодородия почвы с учетом реализации потенциальной продуктивности сельскохозяйственных культур, использование экологически безопасных агрохимических средств;

- разработка новых и совершенствование существующих методов мониторинга состояния почвы, растений, гидросферы (агроландшафтов) при оценке различных направлений развития земледелия;

- разработка модели плодородия почв, баланса питательных веществ и рационального использования удобрений с учетом охраны окружающей среды в условиях орошения;

- исследование возможности увеличения прихода биологического азота и фосфора в орошаемом земледелии и снижение доли минеральных удобрений при формировании требуемого количества и качества урожая;

- разработка системы контроля химического загрязнения сельскохозяйственной продукции.

Для контроля за сохранением плодородия почв в условиях агроэкологического мониторинга необходимо также последовательно осуществлять:

- инвентаризацию пахотных земель по современному состоянию их продуктивности с учетом устойчивости против эрозии, засоления;

- районирование пашни по уровню плодородия на локальном и региональном уровне;

- обеспечение организации агрофенологической службы по сбору, достоверной информации о площадях посевов, состоянии сельхозкультур и почв.

В задачи агроэкологического мониторинга входят:

- организация наблюдений за состоянием агроэкосистем;

- получение систематической объективной и оперативной информации по регламентированному набору обязательных показателей характеризующих состояние и функционирования основных компонентов агроэкосистем;

- оценка получаемой информации;

- прогноз возможного изменения состояния данного агроценоза или системы их в ближайшей и отдаленной перспективе;

- выработка решений и рекомендаций;

- предупреждение возникновения экстремальных ситуаций и обоснования путей выхода из них.

**Вопросы:**

- 1 Что такое агроэкологический мониторинг?
- 2 Какие проблемы можно решить при проведении агроэкологического мониторинга?
- 3 Перечислите основные этапы проведения агроэкологического мониторинга
- 4 Какие основные задачи входят в агроэкологический мониторинг?

**Методические указания:** использовать раздаточный материал, рекомендуемую литературу

**Перечень заданий:**

Составить структуру агроэкологического мониторинга орошаемых и неорошаемых земель

**Литература:**

1 Организация системы контроля и обобщения информации о загрязнении объектов растениеводства АПК. Методические указания, КазНИИВХ, Тараз, 1998, с. 7...23.

2 Елешев Р.Е. Актуальные проблемы агрохимических и экологических исследований в земледелии на современном этапе. В кн. «Проблемы экологии АПК и охрана окружающей среды», НАЦАИ, Алматы, 1998, с. 10...12.

3 Мустафаев Ж.С., Умирзаков С. и др. Основные принципы создания экологически устойчивого агроландшафта. В кн. «Проблемы экологии АПК и охрана окружающей среды», Усть-Каменогорск, 1998, с. 110...112.

4 Рамазанова С.Б., Елешев Р.Е., Кененбаев С.Б. и др. Методические рекомендации по проведению агроэкологического мониторинга в земледелии. – Алмалыбак, 2005