

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ

Агрономический факультет

# МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ

Методические указания  
для лабораторно-практических занятий, самостоятельной  
и контрольных работ



Новосибирск 2021

Составитель: канд. с.-х. наук *А.Г. Митракова*;

Рецензент: канд. с.-х. наук, доцент *Н.В. Пономаренко*

Минеральное питание растений: методические указания для лабораторно-практических занятий, самостоятельной и контрольных работ / Новосиб. гос. аграр. ун-т, агроном. фак.; сост.: А.Г. Митракова. – Новосибирск, 2021. – 39 с.

Предназначены для студентов очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлениям подготовки 35.03.01 Лесное дело и 35.03.10 Ландшафтная архитектура.

Утверждены и рекомендованы к изданию учебно-методическим советом агрономического факультета (протокол № 2 от 18 февраля 2021г.).

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Отбор образцов почвы и подготовка их к анализу .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Техника безопасности и основные требования при работе в лаборатории .....</b>	<b>7</b>
<b>3. Инструментальные методы анализа .....</b>	<b>10</b>
3.1. Фотоколориметрия .....	10
3.2. Пламенная фотометрия .....	11
<b>4. Определение обеспеченности почв основными элементами питания (NPK) .....</b>	<b>13</b>
4.1. Методы определения доступных для питания растений форм азота.....	14
4.2. Методы определения подвижных форм фосфора и калия.....	18
<b>5. Качественный анализ минеральных удобрений .....</b>	<b>26</b>
5.1. Качественные реакции на катионы.....	26
5.2. Качественные реакции на анионы .....	27
5.3. Распознавание минеральных удобрений .....	28
<b>6. Вопросы для подготовки к контрольной работе .....</b>	<b>33</b>
<b>7. Список рекомендуемой литературы .....</b>	<b>35</b>
<b>Приложения.....</b>	<b>36</b>

## ВВЕДЕНИЕ

**Целью дисциплины** Минеральное питание растений является формирование представлений, знаний и практических навыков в области минерального питания растений и применения удобрений под различные растения.

В процессе изучения дисциплины решаются следующие **задачи**:

- изучение минерального питания растений и способов его регулирования;
- изучение свойств почв, определяющих ее плодородие и потребность растений в удобрениях;
- изучение классификации, состава и свойств удобрений; взаимодействия их с почвой; технологии применения органических и минеральных удобрений.

В результате освоения дисциплины студент должен:

**знать** особенности минерального питания растений; круговорот, баланс и пути превращения питательных веществ в системе почва – растение – окружающая среда; особенности питания отдельных лесных культур; способы регулирования плодородия почвы; методы диагностики питания растений; состав и свойства удобрений и способы их применения;

**уметь** правильно оценивать и грамотно использовать в профессиональной деятельности результаты анализов почв; обеспечивать правильное и экологически безопасное применение минеральных удобрений;

**владеть** методами проведения диагностики питания растений и способами применения удобрений.

В учебно-методическом пособии приведены темы разделов и лабораторно-практических занятий по агрохимическому анализу почвы, анализу удобрений, изучению методов расчета норм удобрений под основные сельскохозяйственные культуры, а также вопросы для самостоятельной работы студентов, приводится список рекомендуемой литературы.

С растительной диагностикой питания растений и методами агрохимического анализа растений студенты знакомятся в рамках учебной практики по дисциплине Агрохимия.

## **1. ОТБОР ОБРАЗЦОВ ПОЧВЫ И ПОДГОТОВКА ИХ К АНАЛИЗУ**

Для характеристики почвенного покрова участка по показателям плодородия почвенные образцы отбирают по следующим правилам. Обследуемую площадь в зависимости от почвенного покрова, рельефа, предшественника, основной обработки почвы, фона удобрённости и других факторов разбивают на элементарные участки. Площадь элементарного участка может составлять от 5 до 20 га. В овощных севооборотах, а также при обследовании плодовых и ягодных насаждений смешанный образец отбирают с площади 1-2 га. В условиях орошения элементарный участок равен размеру поливного участка (1-3 га). Наиболее удобная форма элементарного участка – прямоугольная.

С каждого элементарного участка отбирают смешанный образец. Для получения представительного смешанного образца он состоит из не менее чем из десяти - двадцати индивидуальных образцов. Индивидуальные образцы отбираются по большей диагонали обследуемого участка через равные промежутки буром или из прикопки, сделанной лопатой.

Глубина отбора образцов зависит от целей анализа. Отбор образцов для определения в них нитратного азота проводят по слоям на глубину до 1 м (слои 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 см). При определении в почве содержания аммонийного азота, подвижных форм фосфора и калия образцы отбираются на глубину пахотного слоя (0-20, 20-40 см).

Каждый смешанный образец составляют послойно из индивидуальных образцов. Масса смешанного образца доводится до 400-500 г методом квартования. Сущность этого метода заключается в том, что сыпучий материал образца после тщательного перемешивания рассыпают ровным

слоем в виде квадрата, делят по диагоналям на четыре части и удаляют два противоположных сектора. Если масса оставшейся пробы вновь окажется велика, эту операцию следует повторить несколько раз.

Образец помещается в чистый матерчатый или полиэтиленовый мешок и к нему прикладывается этикетка, на которой указывается хозяйство, номер севооборота, поля и образца, возделываемая культура, глубина отбора образца, время взятия образца и фамилия лица, проводившего отбор образца.

В полевых опытах смешанный образец отбирается со всей площади опытной деланки и составляется не менее чем из пяти индивидуальных образцов.

Анализ почвы на содержание нитратного азота необходимо проводить из свежих образцов в день взятия или на следующий день при условии хранения их при температуре не выше 5°C. Параллельно при этом в образце определяется влажность.

Перед проведением других агрохимических анализов почвенные образцы доводят до воздушно-сухого состояния в сушильном шкафу при температуре 40-45°C, затем размалывают их на почвенной мельнице или растирают пестиком в фарфоровой ступке и просеивают через сито с диаметром отверстий 1 мм. При определении в почве гумуса перед размолом из почвы удаляют растительные остатки.

### **Вопросы для самостоятельной работы**

1. Цели агрохимического анализа почвы.
2. Как разделить обследуемую территорию на элементарные участки?
3. Какова методика отбора смешанного почвенного образца?
4. Какова глубина отбора почвенных образцов для различных агрохимических анализов?
5. Назовите особенности подготовки почвенных образцов для различных агрохимических анализов. С чем они связаны?

## **2. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ**

В агрохимических лабораториях студенты работают с кислотами, щелочами, горючими и ядовитыми веществами, пользуются аналитическими и электрическими приборами. Поэтому работа в лаборатории требует соблюдения дисциплины и правил техники безопасности.

Перед началом лабораторной работы студенты должны изучить методику проведения анализа, разобрать теоретические принципы происходящих при анализе процессов, свойства используемых веществ и реактивов, устройство и принцип действия приборов и оборудования.

За каждым студентом закрепляется рабочее место, на котором находятся необходимые для проведения анализа посуда и реактивы. Приборы и реактивы общего пользования находятся в специально отведенных для этого местах.

Приступая к аналитической работе, студенты должны ясно представлять характер, последовательность и особенности протекающих химических реакций, что дает возможность заблаговременно принять меры предосторожности.

Все результаты анализа, расчеты и выводы должны записываться в лабораторный журнал или специально предназначенную тетрадь.

Особое внимание уделяют экономному расходованию материалов, реактивов и электроэнергии. Для работы берут минимальное количество вещества, позволяющее выполнить анализ. Выливать обратно в общие емкости неиспользованные реактивы недопустимо.

В агрохимической лаборатории студенты должны работать в спецодежде (халатах). В лаборатории запрещается принимать пищу и хранить продукты питания.

При работе с кислотами и щелочами нужно соблюдать ряд правил. Переливание концентрированных кислот и щелочей осуществляют только в

вытяжном шкафу с помощью сифонов. Пролитые кислоты смывают водой и нейтрализуют содой или мелом.

Ядовитые вещества, едкие и летучие жидкости берут только с помощью цилиндров или пипеток, снабженных специальным заборным устройством (резиновой грушей).

Недопустимо использование открытых электронагревательных приборов, спиртовых и газовых горелок при работе с легковоспламеняющимися веществами. Запрещается хранение таких веществ в лаборатории. Запрещается оставлять без присмотра работающие аналитические и электронагревательные приборы.

Методики приготовления и особенности хранения основных реактивов, используемых в лабораторном практикуме, описаны в приложении 1.

#### *Правила первой помощи при работе в лаборатории*

При механических ранениях и порезах стеклом рану нужно промыть 3%-ным раствором перекиси водорода, края раны дезинфицировать спиртовым раствором йода и перевязать стерильным бинтом. При глубоких порезах при необходимости накладывают жгут и обязательно обращаются к врачу.

При тепловых ожогах пораженное место смачивают 3%-ным раствором питьевой соды, после чего смазывают мазью от ожогов и накладывают повязку. При необходимости обращаются к врачу.

При химических ожогах (кислотами, щелочами и другими едкими веществами) удаляют с пораженного места ватным тампоном остатки, промывают большим количеством воды и нейтрализуют 2-3%-ным раствором питьевой соды при поражении кислотой или 2-3%-ным раствором уксусной кислоты при поражении щелочью. Пораженные места смазывают мазью от ожогов и накладывают повязку. При необходимости обращаются к врачу.

При попадании едких или ядовитых веществ в пищеварительный тракт немедленно вызывают рвоту с помощью пальцев или 1%-ного раствора

медного купороса или мыльной воды, промывают желудок пострадавшего водой и дают молоко или активированный уголь.

При поражении электрическим током немедленно обесточивают пострадавшего путем отключения рубильника и при необходимости делают искусственное дыхание до прихода медработника.

*Список основного оборудования агрохимической лаборатории:*

1. Колориметр фотоэлектрический концентрационный КФК-2;
2. Колориметр фотоэлектрический концентрационный с микропроцессором КФК-2МП;
3. Фотометр пламенный;
4. Сушильный шкаф ШМ-80-01/200 (СПУ);
5. Дистиллятор ДЭ-10;
6. рН-метр АНИОН 4100 с электродом комбинированным;
7. Электроплитка стеклокерамическая Веста;
8. Термобаня LB-160 (6 гнезд);
9. Перемешивающее устройство LS-110;
10. Сушилка для посуды;
11. Весы технические;
12. Весы аналитические;
13. Почвенная мельница;
14. Вытяжные шкафы;
15. Наборы сит лабораторных;
16. Лабораторная посуда и реактивы;
17. Аптечка для оказания первой помощи.

### 3. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Инструментальными методами анализа называют большое число физико-химических и физических методов анализ, требующих для их осуществления оптической, электрометрической, спектрометрической и другой специальной аппаратуры. Вследствие высокой чувствительности эти методы нашли широкое применение в агрохимических исследованиях, поскольку содержание доступных для растений форм элементов питания не превышает тысячных долей процента. Наиболее распространенными являются фотометрические методы анализа, в которых используются связь между оптическими свойствами раствора и его химическим составом. К данной группе методов относятся фотоколориметрия и пламенная фотометрия.

#### *3.1. Фотоколориметрия*

Данный метод основан на том, что проходящее через раствор излучение видимой области спектра поглощается веществом пропорционально его концентрации в растворе.

Фотоколориметр КФК-2 (рис. 1) снабжен 11 цветными светофильтрами с шириной полосы пропускания 20-40 нм.



Рис. 1. Концентрационный фотоэлектрический колориметр КФК-2

После того, как фотоколориметр включают в сеть, с помощью ручки переключения длин волн выбирают необходимый светофильтр. После 20 минутного прогрева прибор готов к работе. В световой пучок помещают кювету с растворителем или контрольным раствором, по которому проводятся измерения, закрывают крышку кюветной камеры и ручками «чувствительность», «установка грубо» и «установка точно» устанавливают отсчет по нижней шкале оптической плотности (D) на «0». Затем в световой пучок вводят кювету с исследуемым раствором и снимают отсчет по шкале в единицах оптической плотности.

*Принципы построения калибровочного графика.* Для построения графика готовят серию растворов определяемого вещества с известными концентрациями, охватывающими всю область возможных изменений концентраций этого вещества в исследуемых растворах. Затем измеряют оптические плотности всех растворов и строят график, откладывая по оси абсцисс известные концентрации, а по оси ординат – соответствующие им значения оптической плотности. По построенному графику определяют неизвестную концентрацию вещества в исследуемых растворах, соответствующую измеренному значению оптической плотности.

### ***3.2. Пламенная фотометрия***

Принцип данного метода состоит в сравнении интенсивности спектров испускания элементов, содержащихся в исследуемом растворе, с интенсивностью спектров испускания этих элементов в растворах с известной концентрацией.

При введении в пламя горелки с помощью распылителя анализируемого раствора происходит его быстрое испарение, а находящиеся в нем соли диссоциируют на свободные атомы. Под воздействием температуры пламени атомы переходят в возбужденное состояние (т.е. электроны переходят на новые энергетические уровни). Возбужденное состояние атома очень неустойчиво и длится около  $10^{-8}$  с, после чего атом

снова переходит в обычное состояние, выделяя избыток энергии в виде кванта  $h\nu$ . При этом образуются спектральные линии, которые выделяются с помощью светофильтров. Интенсивность излучения спектра определяемого элемента находится в зависимости от концентрации этого элемента в растворе.

Пламенные фотометры (рис. 2) используются в основном для количественного определения щелочных (Li, Na, K, Rb) и щелочноземельных (Mg, Ca, Sr, Ba) металлов.

Для определения концентраций исследуемых элементов сначала строится калибровочный график для каждого элемента по растворам известной концентрации.



Рис. 2. Пламенный фотометр PFP-7.

### **Вопросы для самостоятельной работы**

1. Фотоколориметрия, суть данного метода.
2. Порядок работы на колориметре.
3. Принцип действия пламенного фотометра.
4. При определении содержания каких элементов используются данные приборы?
5. Принципы построения калибровочных графиков для фотоколориметра и пламенного фотометра.

#### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОЧВ ОСНОВНЫМИ ПИТАТЕЛЬНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ (NPK)

Основные питательные элементы – азот, фосфор и калий – находятся в почве в усвояемых и неусвояемых растениями формах. В зависимости от степени обеспеченности почв доступными для растений соединениями этих элементов эффективное плодородие почв различно.

Усвояемость, или доступность, питательных веществ зависит от ряда факторов: от обеспеченности почвы водой и воздухом, содержания других элементов, от свойств растений, фазы их развития и т.д. Отсюда следует, что для изучения питательного режима почв необходимо на протяжении всего вегетационного периода определять содержание в ней доступных элементов питания.

На основании сопоставления данных полевых опытов и результатов химического анализа почв разработаны шкалы обеспеченности почв доступными питательными веществами.

Доступные для растений формы основных элементов питания извлекают из почвы различными вытяжками – водными, кислотными, солевыми. Определение содержания этих элементов проводят колориметрическим методом или методом пламенной фотометрии. Результаты определения выражают в миллиграммах на 1 кг или на 100 г сухой почвы.

Вычисления проводят по следующим формулам:

1. При определении с помощью фотоколориметра

$$C = \frac{a \times V \times 1000}{m \times V_1}$$

где  $a$  – концентрация определяемого элемента в вытяжке по калибровочному графику, мг;

$V$  – общий объем вытяжки, мл;

$V_1$  – объем вытяжки, взятый для определения, мл;

m – навеска почвы, г;

1000 – коэффициент пересчета на 1 кг почвы. В случае пересчета на 100 г почвы этот коэффициент равен 100.

2. При определении с помощью пламенного фотометра (калий)

$$C = \frac{a \times V}{m}$$

где а – концентрация K<sub>2</sub>O, найденная по калибровочному графику (мг/л);

V – объем вытяжки, мл;

m – навеска почвы, г.

#### **4.1. Методы определения доступных для питания растений форм азота**

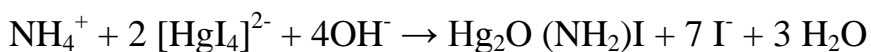
К минеральным (подвижным) формам азота в почве, которые имеют основное значение в азотном питании растений относят аммонийный и нитратный азот. Для определения этих форм существует ряд методов, активно используемых в агрохимической службе (табл. 1).

Таблица 1. Методы определения подвижного азота в почве (Пискунов, 2004)

Форма азота	Вытяжка	Предполагаемый состав извлекаемых соединений азота	Автор, институт
Нитратный	Водная	N-NO <sub>3</sub>	Грандваль-Ляжу (дисульфифеноловый метод)
Обменно-поглощенный	Солевая (0,1 н. KCl; 2% KCl; 1 н. NaCl; 0,5 н. K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	N-NH <sub>4</sub>	Важенин, ЦИНАО, Аринушкина, Конев и др.
Минеральный	Солевая (1 н. KCl), водная для N-NO <sub>3</sub> , солевая для N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub> + N-NH <sub>4</sub> , частично амиды	ВИУА (Замятина), Зайцев

## Определение аммонийного азота колориметрическим методом с реактивом Несслера

Принцип метода. Аммонийный азот извлекают из почвы 0,1 н. раствором хлористого калия. В вытяжку переходит аммоний, находящийся в почве в обменном состоянии, а также водорастворимые соединения аммония. Данный метод основан на взаимодействии катиона аммония с реактивом Несслера (щелочной раствор ртутнойодистого калия  $K_2[HgI_4] + KOH$ ), в результате чего образуется комплексное соединение оранжевого цвета:



йодистый  
меркураммоний

Определению аммония мешают катионы кальция и магния, дающие в щелочной среде осадок. Для предотвращения образования осадка перед приливанием реактива Несслера в раствор вводят сегнетову соль, которая дает с данными катионами растворимые соединения.

Ход анализа. Навеску почвы 20 г поместить в коническую колбу емкостью 250 – 300 мл и прилить 100 мл 0,1 н. раствора KCl. Содержимое колбы взбалтывать в течение 30 мин. Полученную суспензию профильтровать через складчатый фильтр.

Взять пипеткой 5-15 мл фильтрата (в зависимости от предполагаемого содержания аммония) и поместить в мерную колбу емкостью 50 мл. Содержимое колбы разбавляют до половины объема дистиллированной водой, приливают 2 мл 50%-ного раствора сегнетовой соли (калий-натрий виннокислый  $KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$ ), хорошо перемешивают и добавляют 2 мл реактива Несслера. Затем объем колбы доводят до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают. Через 5-10 мин на колориметре определяют оптическую плотность полученного раствора, при этом пользуются синим светофильтром с областью светопропускания 400 – 425 нм.

Содержание аммонийного азота в испытуемом растворе рассчитывают, используя составленный ранее калибровочный график. Затем вычисляют по формуле содержание аммония в почве.

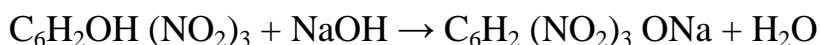
Для определения запаса аммонийного азота в кг/га необходимо учесть массу пахотного слоя почвы на 1 га, которая составляет около 3000 т.

### **Определение нитратного азота дисульфифеноловым методом**

Принцип метода. Все соли азотной кислоты хорошо растворимы, поэтому определение нитратов можно проводить в водной вытяжке. В основе метода лежит реакция с дисульфифеноловой кислотой:



дисульфифеноловая      пикриновая кислота  
кислота



пикрат натрия

При взаимодействии нитратов с дисульфифеноловой кислотой образуется пикриновая кислота (тринитрофенол), которая в щелочной среде образует соль, окрашивающую раствор в желтый цвет.

Дисульфифеноловая кислота при определении нитратов впервые была применена Грандвалем и Ляжу в 1885 г. и поэтому этот метод также часто называют методом Гранваля-Ляжу.

Ход анализа. Навеску почвы 20 г поместить в коническую колбу емкостью 250 – 300 мл и добавить 1,0 – 1,5 г гипса. Прилить 100 мл дистиллированной воды и взбалтывать в течение 5 мин. Полученную вытяжку профильтровать через складчатый фильтр. В фарфоровую чашечку поместить 25 мл фильтрата и поставить выпаривать на водяную баню.

После выпаривания снять чашечку с сухим остатком и дать ей охладиться. Затем в чашечку прилить 1 мл дисульфифеноловой кислоты и тщательно растереть сухой остаток с кислотой стеклянной палочкой. Растирание следует проводить не только на середине чашечки, но и по бокам

ее, где осадка не видно. С этого момента стеклянная палочка остается в чашечке до конца работы.

После обработки чашечка должна постоять 10 мин, затем туда приливают 10-15 мл дистиллированной воды, смачивая всю поверхность чашечки. Содержимое чашечки нейтрализуют 20 %-ным раствором NaOH или KOH до появления устойчивой желтой окраски раствора и контролируют по изменению окраски красной лакмусовой бумажки на синюю.

Окрашенный раствор из чашечки перенести в мерную колбу емкостью 100 мл, обмыть чашечку вместе с палочкой 3-4 раза дистиллированной водой, прибавляя эту воду к основному раствору. Долить содержимое колбы дистиллированной водой до метки и тщательно перемешать.

На колориметре определяют оптическую плотность раствора, при этом пользуются синим светофильтром с областью светопропускания 400 – 450 нм. Расчет содержания нитратного азота в растворе проводят по составленному калибровочному графику.

Об обеспеченности сельскохозяйственных культур минеральным азотом судят, используя показатели, приведенные в таблице 2.

Таблица 2. Шкала обеспеченности растений минеральными формами азота и потребности полевых культур в азотных удобрениях (по Гамзикову, 1981)

Обеспеченность растений азотом	Интервалы содержания азота, мг/кг			Потребность растений в удобрениях	Ориентировочные дозы внесения азота, кг/га
	N-NO <sub>3</sub> (0-20 см)	N-NO <sub>3</sub> (0-40 см)	N-NO <sub>3</sub> + N-NH <sub>4</sub> (0-20 см)		
Очень низкая	<10	<5	<10	Очень сильная	60-90
Низкая	10-15	5-10	10-20	Сильная	45-60
Средняя	15-20	10-15	20-40	Средняя	30-45
Высокая	>20	>15	>40	Отсутствует	0

#### 4.2. Методы определения подвижных форм фосфора и калия

Фосфор и калий в почве представлены различными формами и соединениями, которые не равнозначны по своей доступности для питания растений. Под подвижными соединениями в агрохимии подразумевают почвенный калий и фосфаты, которые непосредственно могут потребляться растениями, а также те формы, которые быстро переходят в почвенный раствор.

Выбор метода для определения подвижных форм фосфора и калия зависит от типа почвы. Эти методы различаются экстрагирующими растворами (растворами, с помощью которых из почвы извлекаются соединения фосфора и калия), соотношением между почвой и экстрагирующим раствором и временем экстракции (табл. 3).

Таблица 3. Основные методы определения подвижных форм фосфора и калия в почвах

Почвы	Автор метода	Экстрагирующий раствор	Соотношение почва : раствор	Время воздействия
Кислые: подзолистые, дерново-подзолистые, торфяные горизонты	Кирсанов А.Т	0,2 н. HCl	1 : 5 для минеральных горизонтов почв; 1 : 50 для торфяных горизонтов	Взбалтывают в течение 1 мин, отстаивают 15 мин
Серые лесные и черноземы (кроме карбонатных горизонтов)	Чириков Ф.В.	0,5 н. CH <sub>3</sub> COOH	1 : 25	Взбалтывают в течение 1 часа и оставляют на 18-20 часов
Карбонатные: карбонатные черноземы, каштановые почвы, сероземы и др.	Мачигин Б.П.	1 % (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1 : 20	Взбалтывают в течение 5 мин и оставляют на 18-20 часов

Принцип данных методов заключается в том, что подвижный фосфор и калий переходят в вытяжку, из которой фосфор определяется фотоколориметрически, а калий – методом пламенной фотометрии. Определение фосфора основано на том, что в кислой среде фосфаты при взаимодействии с молибдатом аммония образуют фосформолибденовую гетерополиоксиду  $(H_3[PMo_{12}O_{40}])$ , которая при восстановлении двуххлористым оловом образует комплексное соединение синего цвета.

### **Определение подвижных форм фосфора и калия по методу Кирсанова**

Данный метод используется для определения подвижных форм фосфора и калия в кислых почвах: подзолистых, дерново-подзолистых. Извлечение подвижных форм фосфора и калия проводится 0,2 н. раствором соляной кислоты при соотношении почвы к раствору 1 : 5 для минеральных горизонтов почв и 1 : 50 для торфяных горизонтов.

Ход анализа. Навеску почвы 10 г помещают в коническую колбу и приливают 50 мл 0,2 н. раствора HCl. Содержимое колбы взбалтывают в течение 1 мин, отстаивают 15 мин, снова взбалтывают и фильтруют содержимое через складчатый фильтр.

Определение подвижного фосфора. В мерную колбу на 100 мл помещают 5 мл фильтрата, приливают 4 мл 2,5 %-ного раствора молибдата аммония  $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$  в серной кислоте и перемешивают. Содержимое колбы доводят до метки дистиллированной водой и добавляют 6 капель раствора двуххлористого олова  $SnCl_2$ . Появляется синяя окраска, максимальная интенсивность которой проявляется через 10 мин. Затем проводят колориметрирование раствора, используя красный светофильтр с областью светопропускания 600-750 нм. С помощью калибровочного графика определяют концентрацию фосфора в исследуемом растворе и рассчитывают содержание фосфора в почве.

Определение подвижного калия. Определение калия проводят из того же фильтрата на пламенном фотометре, используя светофильтр с максимумом пропускания света в области 766-770 нм. Содержание калия определяют с помощью калибровочного графика. Далее ведут пересчет на содержание подвижного калия в почве.

### **Определение подвижных форм фосфора и калия по методу Чирикова**

Метод используется для определения подвижных форм фосфора и калия в серых лесных почвах и черноземах (кроме карбонатных горизонтов). Извлечение подвижных форм фосфора и калия проводится 0,5 н. раствором уксусной кислоты при соотношении почвы к раствору 1 : 25.

Ход анализа. Навеску почвы 4 г помещают в коническую колбу и приливают 100 мл 0,5 н. раствора  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , взбалтывают в течение 1 часа и оставляют на 18-20 часов. После этого вытяжку взбалтывают и фильтруют, отбрасывая первые порции фильтрата. Полученный фильтрат должен быть совершенно прозрачным.

Определение фосфора. В мерную колбу на 100 мл поместить 10 мл фильтрата, приливают 4 мл 2,5 %-ного раствора молибдата аммония в серной кислоте и перемешивают. Содержимое колбы доводят до метки дистиллированной водой и добавляют 6 капель раствора двухлористого олова  $\text{SnCl}_2$ . Появляется синяя окраска. Через 10 мин раствор колориметрируют, используя красный светофильтр с областью светопропускания 600-750 нм. С помощью калибровочного графика определяют концентрацию фосфора в исследуемом растворе и рассчитывают содержание фосфора в почве.

Определение калия. Определение калия проводят на пламенном фотометре. Содержание калия определяют с помощью калибровочного графика.

Далее ведут пересчет на содержание подвижного калия в почве.

## **Определение подвижных форм фосфора и калия по методу Мачигина**

Данный метод используется для определения подвижных форм фосфора и калия в карбонатных почвах: карбонатных черноземах, каштановых почвах, сероземах, буроземах и др. Извлечение подвижных форм фосфора и калия проводится 1%-ным раствором карбоната аммония при соотношении почвы к раствору 1 : 20.

Ход анализа. Навеску почвы 5 г помещают в коническую колбу и приливают 100 мл 1%-ного раствора  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ . Содержимое колбы взбалтывают в течение 5 мин и оставляют на 18-20 часов. Затем снова взбалтывают и фильтруют.

Определение подвижного фосфора. В мерную колбу на 100 мл помещают 30 мл фильтрата, приливают 4 мл 2,5 %-ного раствора молибдата аммония и перемешивают. Содержимое колбы доводят до метки дистиллированной водой и добавляют 6 капель раствора двухлористого олова  $\text{SnCl}_2$ . После появления синей окраски, через 10 мин определяют оптическую плотность раствора на фотоколориметре. С помощью калибровочного графика определяют концентрацию фосфора в исследуемом растворе и рассчитывают содержание фосфора в почве.

Определение подвижного калия. Калий определяют из полученной вытяжки на пламенном фотометре. С помощью калибровочного графика определяют концентрацию калия в исследуемом растворе, затем рассчитывают содержание калия в почве.

Полученные результаты по содержанию в почве подвижных форм фосфора и калия оценивают по таблице 4 и делают выводы об обеспеченности сельскохозяйственных растений данными элементами.

Таблица 4. Группировка почв по обеспеченности подвижными формами фосфора и калия, мг/кг

Обеспеченность растений	Метод анализа		
	по Кирсанову	по Чирикову	по Мачигину
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>			
Очень низкая	<25	<20	<10
Низкая	26-50	21-50	11-15
Средняя	51-100	51-100	16-30
Повышенная	101-150	101-150	31-45
Высокая	151-250	151-200	46-60
Очень высокая	>250	>200	>60
<b>K<sub>2</sub>O</b>			
Очень низкая	<40	<20	<100
Низкая	41-80	21-40	101-200
Средняя	81-120	41-80	201-300
Повышенная	121-170	81-120	301-400
Высокая	171-250	121-180	401-600
Очень высокая	>250	>180	>600

### Вопросы для самостоятельной работы

1. Понятие о питании растений (воздушное и корневое).
2. Химический состав растений. Макро-, микро- и ультрамикроэлементы.
3. Формы соединений, в которых растения поглощают элементы питания.
4. Влияние условий внешней среды на поступление питательных веществ в растения.
5. Какова роль азота, фосфора и калия в жизни растения?
6. Какие формы азота, фосфора и калия являются доступными для растений?
7. Назовите методы определения минеральных форм азота в почве и принципы данных методов.

8. Дайте понятие подвижным формам фосфора и калия в почве. Какие формы данных элементов в почве относят к подвижным?
9. Какие методы определения подвижных форм фосфора калия в почве используются и для анализа каких почв они предназначены.
10. В чем заключаются принципы определения подвижных форм фосфора и калия?

### **Вопросы для тестирования**

1. Какие из перечисленных форм калия в почве составляют основу для питания растений?  
А. Калий минералов;      Б. Обменно-поглощенный;      В. Калий органический;      Г. Водорастворимый;      Д. Необменно-поглощенный.
2. Какое соединение фосфора наиболее доступно для растений?  
А.  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ;  
Б.  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ;  
В.  $\text{CaHPO}_4$
3. Какова степень насыщенности почв основаниями у черноземов?  
А. 20-40%; Б. 40- 60%; В. 60-80%;      Г. 80-100%;      Д. 100-120%.
4. Какова глубина отбора почвенных образцов весной для определения нитратного азота?  
А. 0-20 см                                      В. 20-40 см  
Б. 0-50 см                                      Г. 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 см
5. Как называется процесс потери почвенного минерального азота до свободного азота и его окислов в анаэробных условиях?  
А. Нитрификация;      Б. Денитрификация;      В. Иммобилизация;      Г. Аммонификация;      Д. Мобилизация.
6. В какой последовательности убывает доступность фосфатов кальция?  
А.  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{CaHPO}_4$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ;  
Б.  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{CaHPO}_4$ ;  
В.  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{CaHPO}_4$ .

Г.  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{CaHPO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ;

7. Укажите основные формы минерального азота в почве:

---

8. Как называется образец почвы, отбираемый с элементарного участка при проведении агрохимического обследования?

А. Средний

Б. Общий

В. Смешанный

9. Каким методом в почве можно определить содержание нитратного азота в почве?

А. Дисульфофеноловый

Б. С реактивом Несслера

В. Метод пламенной фотометрии

Г. Ванадо-молибдатный метод

10. В каких единицах измеряется содержание подвижных форм элементов в почве?

А. Кг/100 г;

Б. Мг/л;

В. Мг/кг почвы;

Г. Мг-экв/ 100 г почвы.

11. Каким методом определяются подвижные формы фосфора в некарбонатных черноземах:

А. По Кирсанову; Б. По Чирикову; В. По Мачигину; Г. По Францессону; Д. По Труогу.

12. Что понимается под термином «подвижные фосфаты» почвы?

А. Растворимые в слабых кислотах и сильных щелочах;

Б. Растворимые в воде и слабых кислотах;

В. Растворимые в сильных щелочах и воде;

Г. Растворимые в воде и слабых щелочах;

Д. Растворимые в сильных кислотах и сильных щелочах.

13. По данным агрохимического паспорта поля в почве содержится подвижного фосфора 120 мг/кг почвы. Сколько кг /га составляет запас этого элемента в пахотном слое?

А. 200 кг/га; Б. 275 кг/га; В. 360 кг/га; Г. 400 кг/га; Д. 600 кг/га.

14. Каким методом в почве можно определить содержание аммонийного азота в почве?

А. Дисульфифеноловый

Б. С реактивом Несслера

В. Метод пламенной фотометрии

Г. Ванадо-молибдатный метод

15. Каким методом определяются подвижные формы калия в дерново-подзолистых почвах:

А. По Кирсанову; Б. По Чирикову; В. По Мачигину; Г. По Францессону; Д. По Труогу.

16. В почвах какого гранулометрического состава содержится больше калия?

А. Супесчаных;

Б. Легкосуглинистых;

В. Среднесуглинистых;

Г. Тяжелосуглинистых;

Д. Глинистых.

## 5. КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Задачей качественного анализа является определение вида и формы минерального удобрения с помощью нескольких простых качественных реакций.

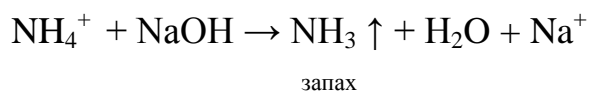
*Качественными* являются такие реакции, которые сопровождаются каким-нибудь внешним эффектом (выпадением осадка, выделением газообразных веществ или изменением окраски пламени или анализируемого раствора). В лабораторных условиях наибольшее распространение получили реакции, происходящие в растворах. 1 – 2 г исследуемого удобрения растворяют в пробирке с дистиллированной водой и приливают несколько капель необходимого реактива. Некоторые качественные реакции проводят с сухими удобрениями, например, поведение удобрения на раскаленном угле, проба на окрашивание пламени или реакция на вскипание от кислоты.

Качественный анализ обычно сводится к обнаружению катионов и анионов, присутствующих в анализируемом удобрении.

### 5.1. Качественные реакции на катионы

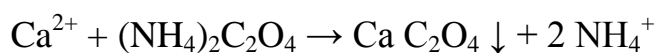
Основные катионы, входящие в состав минеральных удобрений:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ .

Качественной реакцией на катион аммония  $\text{NH}_4^+$  является реакция со щелочью:



Для обнаружения катионов калия  $\text{K}^+$  и натрия  $\text{Na}^+$  используют пробу на окрашивание пламени. Сухое удобрение на проволочке вносят в пламя спиртовки и наблюдают изменение окраски пламени. Катионы  $\text{K}^+$  окрашивают пламя в фиолетовый цвет, а катионы  $\text{Na}^+$  – в желтый.

Качественной реакцией на катион кальция  $\text{Ca}^{2+}$  является реакция со щавелевокислым аммонием:



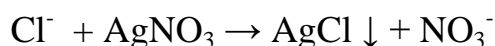
белый осадок

## 5.2. Качественные реакции на анионы

Основные анионы, входящие в состав минеральных удобрений:  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ .

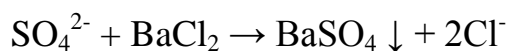
Нитрат-ион  $\text{NO}_3^-$  в составе удобрений обнаруживают с помощью дифениламина  $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}$ . Реакцию проводят следующим образом. Раствором удобрения смачивают фильтровальную бумагу и капают несколько капель раствора дифениламина, который в присутствии нитратов дает интенсивно синее окрашивание. Другой качественной реакцией на нитрат-ион является поведение удобрения на раскаленном угле – селитры вспыхивают и быстро сгорают.

Качественной реакцией на хлорид-ион  $\text{Cl}^-$  является реакция с нитратом серебра:



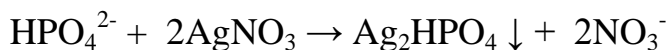
белый осадок

Для определения сульфат-ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  в растворе пользуются реакцией с хлоридом бария:



белый осадок

Качественной реакцией на однозамещенные и двухзамещенные фосфаты является реакция с нитратом серебра, при этом образующиеся фосфаты серебра окрашивают раствор или осадок в желтый цвет:



желтый осадок

Чтобы различить одно- и двухзамещенные фосфоры (например, при определении аммофоса и диаммофоса) необходимо определить pH водного раствора удобрения. Раствор однозамещенных фосфатов имеет кислую реакцию, а двухзамещенных – нейтральную. Трехзамещенные фосфаты в воде не растворимы, поэтому не дают никаких характерных реакций.

Наличие карбонат-ионов  $\text{CO}_3^{2-}$  в удобрении реакцией вскипания при добавлении соляной кислоты:



выделение  
пузырьков газа

### 5.3. Распознавание минеральных удобрений

Пользуясь схемой распознавания минеральных удобрений (приложение 1), разработанной на основе вышеперечисленных качественных реакций, студент определяет предложенные образцы удобрений и ведет запись по следующей форме :

Форма

№ образца	Внешний вид	Растворимость в воде	Выполняемые реакции	Наблюдения и выводы	Название, химическая формула удобрения
1					
2					
3					
4					
5					

Общепринятые сокращенные обозначения удобрений приведены в приложении 2.

### Вопросы для самостоятельной работы

1. Значение проведения анализа удобрений.
2. Принципы классификации удобрений.
3. Основные свойства и значение удобрений.
4. Дайте понятие качественной реакции.

5. Качественные реакция на катионы и анионы, входящие в состав удобрений.
6. Классификация азотных удобрений.
6. Аммиачная селитра, ее свойства и применение.
7. Мочевина, свойства и применение.
8. Натриевая и кальциевая селитра, свойства и применение.
9. Аммонийные удобрения.
10. Классификация фосфорных удобрений.
11. Простой и двойной суперфосфат.
12. Преципитат, томасшлак, обесфторенный фосфат.
13. Фосфоритная мука, свойства и применение
14. Взаимодействие фосфорных удобрений с почвой.
15. Классификация калийных удобрений,
16. Хлористый калий, его свойства и применение.
17. Сернокислый калий, свойства и применение.
18. Зола как удобрение.
19. Взаимодействие калийных удобрений с почвой.
20. Классификация комплексных удобрениях (сложные, комбинированные и смешанные).
21. Экономическое, экологическое и агротехническое значение комплексных удобрений.
22. Удобрения, содержание бор, марганец, медь, молибден, цинк и другие микроэлементы. Приемы эффективного применения микроудобрений.
23. Значение органических удобрений в повышении урожайности сельскохозяйственных культур и сохранении плодородия почвы.
24. Основные виды органических удобрений и их применение.

### **Вопросы для тестирования**

1. Установите соответствие содержание действующего вещества, % названным азотным удобрениям:

- |                      |        |
|----------------------|--------|
| 1. Аммиачная селитра | А. 82% |
| 2. Сульфат аммония   | Б. 46% |
| 3. Мочевина          | В. 35% |
| 4. Натриевая селитра | Г. 21% |
| 5. Аммиак безводный  | Д. 16% |
2. Установите соответствие содержание действующего вещества, % названным фосфорным удобрениям:
- |                              |            |
|------------------------------|------------|
| 1. Суперфосфат простой       | А. 45-49 % |
| 2. Суперфосфат двойной       | Б. 19-21 % |
| 3. Преципитат                | В. 19-30 % |
| 4. Фосфоритная мука          | Г. 41,2 %  |
| 5. Обесфторенный фосфат 41,2 | Д. 34-36 % |
3. Установите соответствие содержание действующего вещества, % названным калийным удобрениям:
- |                    |           |
|--------------------|-----------|
| 1. Калий хлористый | А. 12-15% |
| 2. Сульфат калия   | Б. 40%    |
| 3. Сильвинит       | В. 48%    |
| 4. Калийная соль   | Г. 60%    |
4. На каких почвах, наиболее эффективна фосфоритная мука?
- Только на кислых почвах;
  - Только на щелочных почвах;
  - На всех типах почв;
  - На выщелоченных черноземах;
  - На солонцеватых почвах.
5. Какие из перечисленных удобрений являются физиологически кислыми?
- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ;
  - $\text{NaNO}_3$ ;
  - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ;
  - $\text{KCl}_2$ ;
  - $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ .
6. Какие из перечисленных удобрений являются физиологически щелочными?
- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ;
  - $\text{KNO}_3$ ;
  - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ;
  - $\text{KCl}_2$ ;
  - $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ .
7. Водными растворами каких азотных удобрений проводят внекорневые подкормки?

- А. Аммиачной селитры;
  - Б. Мочевины;
  - В. Кальциевой селитры;
  - Г. Сульфата аммония.
8. Какая физиологическая реакция кальциевой и натриевой селитры?
- А. Щелочная;
  - Б. Кислая;
  - В. Сначала кислая, потом щелочная;
  - Г. Сначала щелочная, потом кислая;
  - Д. Нейтральная
9. Укажите растворимые в воде фосфорные удобрения:
- А. Преципитат;
  - Б. Фосфоритная мука;
  - В. Суперфосфат простой и двойной;
  - Г. Обесфторенный фосфат;
  - Д. Томасшлак.
10. Укажите растворимые в слабых кислотах фосфорные удобрения:
- А. Преципитат;
  - Б. Фосфоритная мука;
  - В. Суперфосфат простой;
  - Г. Обесфторенный фосфат.
11. Укажите фосфорные удобрения растворимые только в сильно кислых средах:
- А. Преципитат;
  - Б. Фосфоритная мука;
  - В. Суперфосфат простой;
  - Г. Обесфторенный фосфат;
  - Д. Томасшлак.
12. Какие из перечисленных фосфорных удобрений выпускаются в гранулированной форме?
- А. Преципитат;
  - Б. Фосфоритная мука;
  - В. Суперфосфат простой и двойной;
  - Г. Обесфторенный фосфат;
  - Д. Томасшлак.
13. На каких почвах наиболее эффективна фосфоритная мука?
- А. Только на кислых почвах;
  - Б. Только на щелочных почвах;
  - В. На всех типах почв;

Г. На выщелоченных черноземах;

Д. На солонцеватых почвах.

14. Какой катион, входящий в состав минеральных удобрений, окрашивает пламя в фиолетовый цвет?

А.  $\text{Ca}^{2+}$

Б.  $\text{Na}^{+}$

В.  $\text{K}^{+}$

Г.  $\text{Fe}^{3+}$

15. Какой катион, входящий в состав минеральных удобрений, окрашивает пламя в желтый цвет?

А.  $\text{Ca}^{2+}$

Б.  $\text{Na}^{+}$

В.  $\text{K}^{+}$

Г.  $\text{Pb}^{+}$

## **6. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ**

1. Понятие о питании растений. Воздушное и корневое питание.
2. Элементный состав растений. Органогенные и зольные элементы. Макро- и микроэлементы.
3. Функции углеводов в растениях.
4. Функции жиров в растениях.
5. Функции белков в растениях.
6. Механизмы поступления питательных веществ через корни.
7. Факторы, влияющие на поглощение питательных веществ.
8. Роль азота в жизнедеятельности растений.
9. Роль фосфора в жизнедеятельности растений.
10. Роль калия в жизнедеятельности растений.
11. Роль серы и кальция в жизни растений.
12. Роль магния и железа в жизни растений.
13. Значение молибдена и кобальта для растений.
14. Значение меди и цинка для растений.
15. Значение бора и марганца для растений.
16. Отбор образцов почвы и подготовка их к анализу
17. Основные формы минерального азота в почве и методы их определения (названия и принципы методов).
18. Формы фосфора и калия в почве. Подвижные формы фосфора и калия.
19. Методы определения подвижных форм фосфора и калия в различных почвах (названия и принцип методов).
20. Основные свойства и значение удобрений.
21. Классификация удобрений.
22. Качественные реакция на катионы и анионы, входящие в состав удобрений.
23. Классификация азотных удобрений.
24. Аммиачная селитра, ее свойства и применение.

25. Мочевина, свойства и применение.
26. Аммонийные удобрения.
27. Натриевая и кальциевая селитра, свойства и применение.
28. Классификация фосфорных удобрений.
29. Простой и двойной суперфосфат.
30. Преципитат, томасшлак, обесфторенный фосфат.
31. Фосфоритная мука, свойства и применение
32. Взаимодействие фосфорных удобрений с почвой.
33. Классификация калийных удобрений,
34. Взаимодействие калийных удобрений с почвой.
35. Хлористый калий, его свойства и применение.
36. Сернокислый калий, свойства и применение.
37. Классификация комплексных удобрениях (сложные, комбинированные и смешанные).
38. Удобрения, содержание бор, марганец, медь, молибден, цинк и другие микроэлементы. Приемы эффективного применения микроудобрений.
39. Зола как удобрение.
40. Дозы, способы и сроки внесения азотных, фосфорных, калийных и комплексных удобрений под основные породы.
41. Пути повышения эффективности основных видов удобрений.
42. Экономическое, экологическое и агротехническое значение комплексных удобрений.

## **7. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **Основная литература**

1. Ягодин, Б. А. Агрохимия : учебник / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 584 с. — ISBN 978-5-8114-2136-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/87600>
2. Кидин, В.В. Агрохимия [электронный ресурс] : учебное пособие. - Москва : ИНФРА-М, 2019. - 351 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-010009-8. - ISBN 978-5-16-101658-9.  
URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=355402>

### **Дополнительная литература**

1. Муравин Э.А. Агрохимия [текст] : учебник для студ. высш. образования. - Москва : Академия, 2014. - 304 с. - (Бакалавриат). - Библиогр.: с. 298. - ISBN 978-5-4468-0579-2 : 514,80.
2. Корягин, Ю. В. Физиология растений : учебное пособие / Ю. В. Корягин, Е. Г. Куликова, Н. В. Корягина. — Пенза : ПГАУ, 2019. — 308 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/131084>
3. Кидин, В.В. Агрохимия [текст] : учебник / Рос. гос. аграр. ун-т-МСХА им. К.А. Тимирязева. - Москва : Проспект, 2016. - 608 с. - Список сокр.: с. 592. - Слов. терм.: с. 593-598. - Библиогр.: с. 599. - Прил.: с. 600-603. - ISBN 978-5-392-18668-6 : 700,00.



Сокращенные обозначения удобрений

Наа - аммоний азотнокислый  
 На - аммоний сернокислый  
 Nm - мочеви́на  
 Nc - селитра натриевая  
 Nck - селитра калиевая  
 Nckц - селитра кальциевая  
 Nц - цианамид кальция  
 Nва - водный аммиак  
 Nба - безводный аммиак  
 Pc - суперфосфат простой  
 Pcg - суперфосфат гранулированный  
 Pcd - суперфосфат двойной  
 Pп - преципитат  
 Pоф - обесфторенный фосфат  
 Pф - фосфоритная мука  
 Pфш - фосфатшлак  
 ДАФ - диаммофос  
 ДАФК - диаммофоска  
 КАФ – карбоаммофос  
 Кх - калий хлористый  
 Кс - калий сернокислый  
 Ккс - калийная соль  
 Рам - аммофос  
 Рдам - диаммофос  
 НФ - нитрофос  
 ФМ - фосфат мочевины  
 НФК - нитрофоска  
 НАФК - нитроаммофоска

НАФ - нитроаммофос

ПФА - полифосфат аммония

МФА - метафосфат аммония

МФК - метафосфат калия

Н - навоз

ТНК - торфо-навозный компост

ТМАУ - торфо-минеральное аммиачное удобрение

ТАУ - торфо-аммиачное удобрение

КАФК - карбоаммофоска

Митракова Анна Григорьевна

## МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ

Методические указания для лабораторно-практических занятий,  
самостоятельной и контрольных работ

Печатается в авторской редакции