

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ
Агрономический факультет
Кафедра почвоведения, агрохимии и земледелия

АГРОХИМИЯ

Учебно-методическое пособие
для лабораторно-практических занятий и самостоятельной работы



Новосибирск 2020

Кафедра почвоведения, агрохимии и земледелия

Составители: канд. с.-х. наук, доцент *А.Н. Мармулев*;
канд. с.-х. наук *А.Г. Митракова*;
канд. с.-х. наук *А.Ф. Петров*

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

Агрохимия: учебно-методическое пособие для лабораторно-практических занятий и самостоятельной работы / Новосиб. гос. аграр. ун-т, агроном. фак;
сост.: А.Н. Мармулев, А.Г. Митракова, А.Ф. Петров. – Новосибирск, 2020. - 82 с.

Предназначено для студентов очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлениям подготовки 35.03.04 Агрономия и 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение.

Утверждено и рекомендовано к изданию методическим советом агрономического факультета (протокол № 02 от 13 февраля 2020 г.).

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2020

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОТБОР ОБРАЗЦОВ ПОЧВЫ И ПОДГОТОВКА ИХ К АНАЛИЗУ	5
2. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ РАБОТЕ В АГРОХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ	7
3. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА	10
3.1. <i>Фотоколориметрия</i>	10
3.2. <i>Пламенная фотометрия</i>	14
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОЧВ ОСНОВНЫМИ ПИТАТЕЛЬНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ (NPK)	18
4.1. <i>Методы определения доступных для питания растений форм азота</i>	19
4.2. <i>Методы определения подвижных форм фосфора и калия</i>	23
4.3. <i>Классификация почв по обеспеченности питательными элементами</i>	27
5. АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ	33
5.1. <i>Качественный анализ</i>	33
5.2. <i>Количественный анализ</i>	35
6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ОСНОВНЫЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ	41
6.1. <i>Определение норм удобрений с использованием результатов полевых опытов и агрохимических картограмм</i>	41
6.2. <i>Расчетные (балансовые методы)</i>	45
6.3. <i>Нормативный метод</i>	52
ГЛОССАРИЙ	60
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	74
ПРИЛОЖЕНИЯ	75

ВВЕДЕНИЕ

Целью дисциплины Агрохимия является формирование представлений, знаний и практических навыков в области минерального питания растений и применения удобрений под сельскохозяйственные культуры.

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 агрохимической характеристики сельскохозяйственных угодий почвенные образцы отбирают с определенной площади поля. Обследуемую площадь каждого поля в зависимости от почвенного покрова, рельефа, предшественника, основной обработки почвы, фона удобренности и других факторов разбивают на элементарные участки.

В полевых севооборотах площадь элементарного участка может составлять от 5 до 20 га в зависимости от пестроты почвенного покрова. 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 составляется 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 делянки 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 размолотом 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 АГРОХИМИЧЕСКОЙ 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 вы-

тяжном 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 ми-

нутного 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.

Построение калибровочного графика для определения нитратного азота дисульфифеноловым методом

1. Приготовление стандартного раствора: 0,7216 г перекристаллизованного KNO_3 растворить в дистиллированной воде в мерной колбе объемом 1 л. Полученный раствор содержит 0,1 мг N- NO_3 в 1 мл.

2. Приготовление образцового раствора: 10 мл стандартного раствора перенести в мерную колбу на 100 мл и довести дистиллированной водой до метки. Полученный раствор содержит 0,01 мг N- NO_3 в 1 мл.

3. Приготовление шкалы растворов для построения графика. Поместить в выпарительные чашки соответствующее количество образцового раствора (табл. 1) и выпарить на водяной бане. При выпаривании небольших количеств раствора (1-5 мл) в чашку добавляют 5-10 мл дистиллированной воды.

Таблица 1. Количества образцового раствора для построения калибровочного графика для определения нитратного азота

Показатель	№ чашки или колбы							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Количество образцового раствора, мл	1	2	3	5	10	15	20	30
Содержание N-NO ₃ , мг в 100 мл	0,01	0,02	0,03	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30
Содержание N-NO ₃ , мг в 1 л	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	3

4. Окрашивание растворов калибровочной шкалы проводят дисульфифеноловым методом (см. стр. 19).

5. Определение оптической плотности растворов калибровочной шкалы (рис.3).

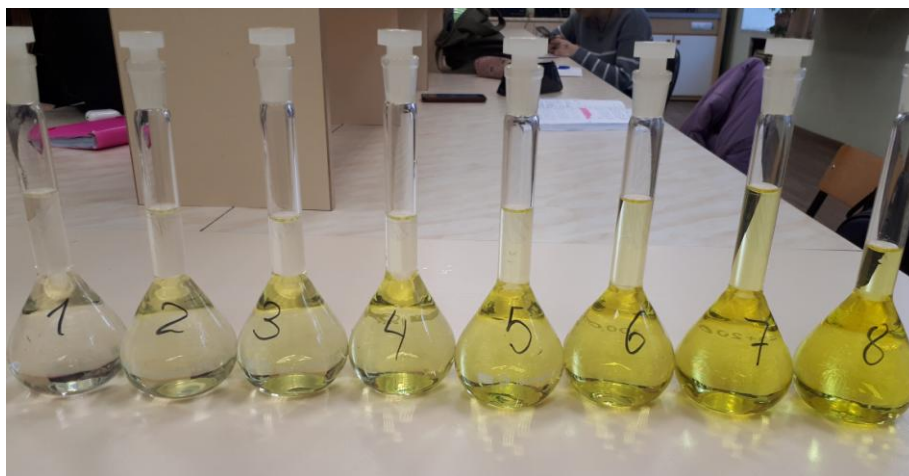


Рис.3. Калибровочная шкала растворов для определения нитратного азота дисульфифеноловым методом

На электрофотоколориметре устанавливают синий светофильтр (длина волны 400-440 нм) и определяют величину оптической плотности растворов. Для этого используют кюветы с различной толщиной просвечиваемого слоя (10, 20, 30 и 50 мм). Диапазон снятия показаний 0,2 - 0,5.

6. Построение графика зависимости оптической плотности раствора от концентрации в нем нитратного азота. Пересчет на содержание N-NO₃ в мг на кг почвы.

Построение калибровочного графика для определения подвижного фосфора по методу Чирикова

1. Приготовление стандартного раствора: 1,918 г перекристаллизованного KН₂РO₄ растворить в 0,5 н. растворе уксусной кислоты в мерной колбе объёмом 1 л. Полученный раствор содержит 1 мг Р₂О₅ в 1 мл.

2. Приготовление образцового раствора: 100 мл стандартного раствора перенести в мерную колбу на 1 л и довести до метки 0,5 н. раствором уксусной кислоты. Полученный раствор содержит 0,1мг Р₂О₅ в 1 мл. Хранят раствор не более 3 месяцев.

3. Приготовление серии растворов сравнения. В мерные колбы вместимостью 250 мл помещают указанные в таблице 2 объёмы образцового раствора. Объёмы растворов доводят до метки 0,5 н. раствором уксусной кислоты. Хранят растворы не более 1 месяца.

Таблица 2. Количества образцового раствора для построения калибровочного графика для определения подвижного фосфора по методу Чирикова

Показатель	№ раствора сравнения						
	1	2	3	4	5	6	7
Количество образцового раствора, мл	0	2,5	5	10	15	20	25
Содержание Р ₂ О ₅ , мг в 100 мл (окрашенные растворы)	0	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1

4. Окрашивание растворов сравнения проводят по методу Чирикова. Из каждой колбы объемом 250 мл берут по 10 мл, помещают в мерную колбу на 100 мл, разводят до половины объема дистиллированной водой, приливают 4 мл раствора молибдата аммония, доводят объем колбы чуть ниже метки дистиллированной водой и приливают 6 капель раствора хлористого олова. Перемешивают. Через 5 минут колориметрируют.

5. Определение оптической плотности шкалы растворов (рис.4).

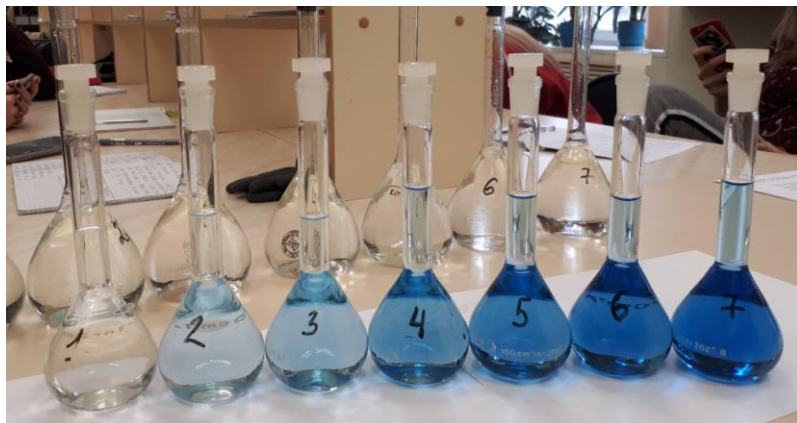


Рис. 4. Калибровочная шкала растворов для определения фосфора по методу Чирикова

На электрофотоколориметре устанавливают красный светофильтр (длина волны 660-750 нм) и определяют величину оптической плотности растворов. Для этого используют кюветы с различной толщиной просвечиваемого слоя (10, 20, 30 и 50 мм). Диапазон снятия показаний 0,2 - 0,5.

6. Построение графика зависимости оптической плотности раствора от концентрации в нем подвижного фосфора. Пересчет на содержание P_2O_5 в мг на кг почвы.

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.

Построение калибровочного графика для определения подвижного калия по методу Чирикова

1. Приготовление стандартного раствора:

1,918 г перекристаллизованного K_2HPO_4 и 0,532 г KCl растворить в 0,5 н. растворе уксусной кислоты в мерной колбе объемом 1 л. Полученный раствор содержит 1 г K_2O в 1 л. Стандартный раствор хранят не более 1 года.

2. Приготовление образцового раствора с концентрацией K_2O 0,1 г/л: 10 мл стандартного раствора поместить в мерную колбу объемом 100 мл и довести объем до метки экстрагирующим раствором (0,5 н. CH_3COOH). Полученный раствор хранят не более 3 месяцев.

3. Приготовление серии растворов сравнения. В мерные колбы вместимостью 250 мл помещают указанные в таблице 3 количества образцового раствора, доводят до метки экстрагирующим раствором (0,5 н. CH_3COOH). Полученные растворы хранят не более 1 месяца.

4. Снимают показания на пламенном фотометре для растворов с известной концентрацией калия, используя светофильтр с максимумом пропускания в области 766-770 нм.

Таблица 3. Количества образцового раствора для построения калибровочного графика для определения подвижного калия по методу Чирикова

Показатель	№ раствора сравнения						
	1	2	3	4	5	6	7
Количество образцового раствора, мл	0	2,5	5,0	10	15	20	25
Содержание K_2O в растворах сравнения, мг /л	0	1	2	4	6	8	10

5. Построение графика зависимости показаний фотометра от концентрации в исследуемом растворе подвижного калия.

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. Методика построения калибровочных графиков для фотоколориметра.
6. Методика построения калибровочного графика для 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_2O , найденная по калибровочному графику (мг/л);

V – объем вытяжки, мл;

m – навеска почвы, г.

4.1. Методы определения доступных для питания растений форм азота

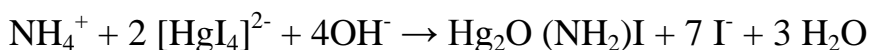
К минеральным (подвижным) формам азота в почве, которые имеют основное значение в азотном питании растений относят аммонийный и нитратный азот. Для определения этих форм существует ряд методов, активно используемых в агрохимической службе (табл. 4).

Таблица 4. Методы определения подвижного азота в почве (Пискунов, 2004)

Форма азота	Вытяжка	Предполагаемый состав извлекаемых соединений азота	Автор, институт
Нитратный	Водная	$N-NO_3$	Грандваль-Ляжу (дисульфифеноловый метод)
Обменно-поглощенный	Солевая (0,1 н. KCl; 2% KCl; 1 н. NaCl; 0,5 н. K_2SO_4)	$N-NH_4$	Важенин, ЦИНАО, Аринушкина, Конев и др.
Минеральный	Солевая (1 н. KCl), водная для $N-NO_3$, солевая для $N-NH_4$	$N-NO_3 + N-NH_4$, 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 аммония в испытуемом растворе рассчитывают, используя составленный ранее калибровочный график. Затем вычисляют по формуле содержание аммония в почве.

Для того чтобы пересчитать содержание аммония в почве на аммонийный азот (N-NH₄), нужно воспользоваться коэффициентом пересчета, который равен 0,776.

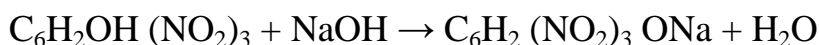
Для определения запаса аммонийного азота в кг/га необходимо учесть массу пахотного слоя почвы на 1 га, которая составляет около 3000 т.

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 остыть. 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 нитратов в растворе проводят по составленному калибровочному графику. После этого вычисляют содержание нитратов в почве. Коэффициент пересчета нитратов в нитратный азот ($N-NO_3$) равен 0,226.

Об обеспеченности сельскохозяйственных культур минеральным азотом судят, используя показатели, приведенные в таблице 5.

Таблица 5. 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
	$N-NO_3$ (0-20 см)	$N-NO_3$ (0-40 см)	$N-NO_3 + N-NH_4$ (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. 6).

Таблица 6. 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 ₃ COOH	1 : 25	Взбалтывают в течение 1 часа и оставляют на 18-20 часов
Карбонатные: карбонатные черноземы, каштановые почвы, сероземы, буроземы и др.	Мачигин Б.П.	1 % (NH ₄) ₂ CO ₃	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 гетерополиоксикислоту ($\text{H}_3[\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}]$), 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 $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ 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 CH_3COOH , 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 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 двуххлористого олова 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 7 и делают выводы об обеспеченности сельскохозяйственных растений данными элементами.

Таблица 7. Группировка почв по обеспеченности подвижными формами фосфора и калия, мг/кг

Обеспеченность растений	Метод анализа		
	по Кирсанову	по Чирикову	по Мачигину
P₂O₅			
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
K₂O			
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

4.3. Классификация почв по обеспеченности питательными элементами

По существующей в России классификации все почвы по степени обеспеченности питательными элементами и реакции группируют в 6 классов (прил. 2). Эту классификацию используют при агрохимических обследованиях почв, составлении агрохимических карт (картограмм) и паспортов полей и для разработок рекомендаций по определению оптимальных доз удобрений и мелиорантов под возделываемые культуры в конкретных природно-экономических условиях.

Для отдельных регионов страны уровни градаций обеспеченности растений питательными элементами, безусловно, необходимо уточнять на основании местных данных полевых опытов, видового и сортового разнообразия культур и конкретных почвенно-климатических условий. При этом следует помнить, что средние (оптимальные) уровни обеспеченности почв питательными элементами неодинаковы для разных групп и отдельных культур. Для зерновых, зернобобовых и трав это третий класс, для пропашных – четвертый, а для овощных – пятый класс. Для более оперативного регулирования доз удобрений, мелиорантов и пищевых режимов под отдельными культурами существует почвенная диагностика питания растений. Принятое при агрохимическом обследовании разделение почв на шесть групп (классов), от очень бедных (1-й класс) до очень высокообеспеченных (6-й класс), позволяет все сельскохозяйственные культуры, различающиеся по потребности в питательных элементах, сгруппировать по обеспеченности элементов почвы, т.е. обеспеченность почв питательными элементами может быть выражена по отношению к их подвижными формами питательных определенной сельскохозяйственной культуре или группе культур. Многочисленные полевые опыты, проведенные в различных почвенно-климатических условиях, подтвердили тесную корреляцию между содержанием в почве подвижных форм питательных элементов и эффективностью соответствующих видов удобрений под всеми сельскохозяйственными культурами: чем выше в почве содержание питательных элементов, тем меньше эффективность соответствующих удобрений, и, наоборот, чем ниже в почве содержание элемента, тем выше эффективность внесения этого элемента с удобрениями.

На основании полевых опытов все сельскохозяйственные культуры по потребности в питательных элементах и выносу их с урожаями подразделяют на три основные группы: 1) культуры невысокого выноса питательных элементов (зерновые колосовые, зернобобовые и травы); 2) культуры повышенного выноса (кормовая и сахарная свекла, картофель, кукуруза); 3) культуры

высокого выноса (овощные и некоторые технические – чай, цитрусовые, виноград).

Естественно, обеспеченность почв питательными элементами для указанных групп культур не может быть одинаковой (табл. 8). Агрохимическое обследование почв в хозяйстве позволяет с учетом возделываемых культур определить нуждаемость в отдельных видах удобрений, определить нуждаемость почв в химической мелиорации и рассчитать нормы извести и гипса.

Таблица 8. Обеспеченность почв питательными элементами для разных групп сельскохозяйственных культур

Класс (группа) почвы	Зерновые, зерно-бобовые, травы	Пропашные	Овощные
1-й	Очень низкая	-	-
2-й	Низкая	Очень низкая	-
3-й	Средняя	Низкая	Очень низкая
4-й	Повышенная	Средняя	Низкая
5-й	Высокая	Повышенная	Средняя
6-й	Очень высокая	Высокая	Повышенная

Наличие агрохимических картограмм или паспортов полей позволяет более обоснованно подходить к дифференцированному применению удобрений по отдельным полям и отдельно обрабатываемым участкам с учетом плодородия почвы на них и тем самым значительно повысить агрономическую и экономическую эффективность удобрений.

Нормы и дозы удобрений, установленные опытным путем или расчетными методами, могут быть уточнены под любую культуру при размещении ее в поле с известной обеспеченностью питательными элементами. При высокой обеспеченности почвы норма соответствующих удобрений будет уменьшена, с тем чтобы полнее использовать плодородие почвы, на бедной же почве норма удобрения возрастет, чтобы не только обеспечить культуру, но и повысить обеспеченность почвы этими элементами.

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?
11. Какие существуют классы почвы по обеспеченности питательными веществами?
12. На какие группы подразделяют сельскохозяйственные культуры по потребности в элементах питания?

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 сельскохозяйственных культур?
А. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$;
Б. $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$;

В. 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. $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, CaHPO_4 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$;

Б. $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, CaHPO_4 ;

В. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, CaHPO_4 ;

Г. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, 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. Дисульфифеноловый

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 Францес-
сону; 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 120 мг/кг почвы подвижного фосфора. 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 Францес-
сону; Д. По Труогу.

5. АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

5.1. Качественный анализ

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

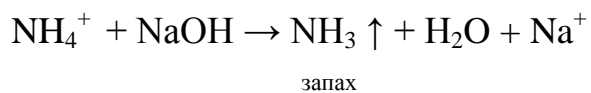
Качественными являются такие реакции, которые сопровождаются каким-нибудь внешним эффектом (выпадением осадка, выделением газообразных веществ или изменением окраски пламени или анализируемого раствора). В лабораторных условиях наибольшее распространение получили реакции, происходящие в растворах. 1 – 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.

Качественные реакции на катионы

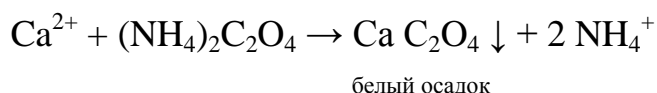
Основные катионы, входящие в состав минеральных удобрений: NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} .

Качественной реакцией на катион аммония NH_4^+ является реакция со щелочью:



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

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

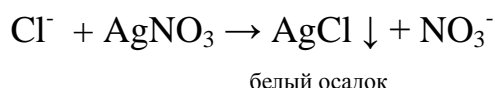


Качественные реакции на анионы

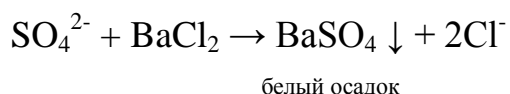
Основные анионы, входящие в состав минеральных удобрений: NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} .

Нитрат-ион 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.

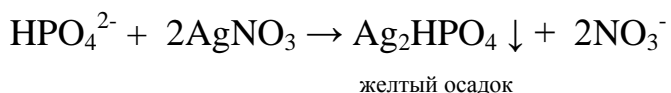
Качественной реакцией на хлорид-ион Cl^- является реакция с нитратом серебра:



Для определения сульфат-ионов SO_4^{2-} в растворе пользуются реакцией с хлоридом бария:



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



Чтобы различить одно- и двухзамещенные фосфоры (например, при определении аммофоса и диаммофоса) необходимо определить pH водного раствора удобрения. Раствор однозамещенных фосфатов имеет кислую реак-

цию, а двухзамещенных – нейтральную. Трехзамещенные фосфаты в воде не растворимы, поэтому не дают никаких характерных реакций.

Наличие карбонат-ионов CO_3^{2-} в удобрении реакцией вскипания при добавлении соляной кислоты:



выделение
пузырьков газа

Пользуясь схемой распознавания минеральных удобрений (прил. 3), разработанной на основе вышеперечисленных качественных реакций, студент определяет предложенные образцы удобрений и ведет запись по следующей форме 1:

Форма 1

№ 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 4.

5.2. Количественный анализ

Для точного определения содержания в удобрениях питательных веществ требуется применение методов количественного анализа удобрений, основной целью которого является контроль за качеством удобрений и расчет норм удобрений по количеству в них действующего вещества.

Отбор проб удобрений

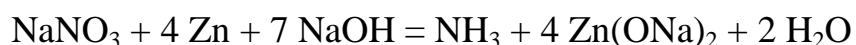
Химический анализ удобрений проводят из предварительно отобранной средней пробы удобрения, которая должна возможно ближе соответствовать среднему составу данной партии удобрения. Сначала отбирают общую пробу из 5-10% мешков. Пробы берут из мешков щупом, погружая его на $\frac{3}{4}$ или на всю глубину мешка. Если удобрения лежат навалом, то пробы отбирают щупом на всю глубину из 5-10 точек. Взятые пробы соединяют вместе, тщательно перемешивают, затем отбирают методом квартования среднюю пробу массой 1-2 кг. Пробу делят на 2 части, одну часть отдают на анализ в химическую лабораторию, а другую хранят на случай арбитражного анализа. В лаборатории из средней пробы отбирают аналитическую (100-250 г).

Анализ азотных удобрений

Все азотные удобрения хорошо растворимы в воде, поэтому содержание азота определяют в водной вытяжке.

Удобрения различаются формой соединения азота и бывают нитратные аммонийные, аммонийно-нитратные, аммиачные и амидные.

Нитратный азот в удобрениях определяют по методу Деварда. Принцип метода: восстановление нитратов до аммиака в щелочном растворе сплавом Деварда (содержит медь, цинк, алюминий).



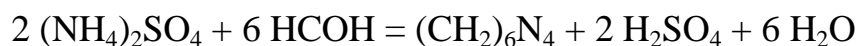
Затем аммиак отгоняют в аппарате Кьельдаля и улавливают точно отмеренным объемом серной кислоты. По количеству связанной серной кислоты рассчитывают процентное содержание азота в удобрениях.

Для определения нитратного и аммонийного азота в аммонийной селитре используют формалиновый метод. Принцип метода: связывание аммонийного азота формалином (водным раствором формальдегида) в органическое соединение гексаметиленetetрамин, при этом образуется такое количество азотной кислоты, которое эквивалентно количеству аммонийного азота.



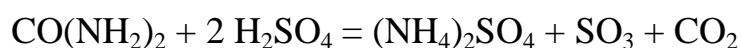
По количеству кислоты, которое определяется титрованием щелочью, определяют количество аммонийного азота. Для определения общего количества азота результат удваивают.

Аммонийный азот в хлориде и сульфате аммония определяют также формалиновым методом.



По количеству образовавшейся кислоты определяют количество аммонийного азота в удобрении.

Для определения содержания амидного и аммиачного азота в мочеvine и жидких аммиачных удобрениях пользуются следующим методом. Амидный и аммиачный азот под действием серной кислоты превращается в сульфат аммония.



Далее с помощью формалинового метода определяют содержание амидного и аммиачного азота.

Кроме азота в мочеvine определяют содержание биурета (не должно превышать 1%), который образуется в процессе грануляции удобрения при высокой температуре и при избыточном содержании может угнетать растения.

Анализ фосфорных удобрений

Фосфорные удобрения различаются по степени растворимости, поэтому при их анализе используют различные вытяжки: водную, цитратом аммония, лимонной кислотой и минеральными кислотами.

В простом и двойном суперфосфатах основное количество фосфора находится в водорастворимой форме, однако небольшая часть фосфора, хотя и доступна растениям, в воде не растворяется. Эта часть извлекается раствором цитрата аммония. Таким образом, при воздействии на суперфосфаты данного раствора извлекается усвояемый растениями фосфор.

Вытяжку цитратом аммония применяют также для определения усвояемой формы фосфора в преципитате и нитрофосках.

Для определения доступного растениям фосфора в томасшлаке и фосфатшлаке используют вытяжку 2%-ной лимонной кислотой (извлекается цитратнорастворимый фосфор).

Вытяжки минеральными кислотами используют для определения общего фосфора в удобрениях. Например, царской водкой (смесью азотной и соляной кислот), серной и соляной кислотами.

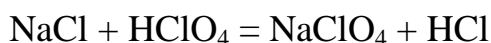
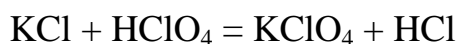
В фосфоритной муке определяют только одну форму фосфора – общую.

Полученные вытяжки анализируют на содержание в них фосфора преимущественно колориметрическими методами. Например, используют фотоколориметрический метод, который основан на образовании комплексного соединения синего цвета при взаимодействии фосфат-ионов с раствором молибдата аммония (для анализа удобрений с содержанием P_2O_5 до 25%), или ванадо-молибдатный метод, при котором с фосфат-ионами образуется комплексное соединение желтого цвета (для анализа удобрений с содержанием P_2O_5 до 70%).

Анализ калийных удобрений

Все калийные удобрения хорошо растворимы в воде, поэтому для их анализа используется водная вытяжка.

Длительное время стандартным методом определения калия хлорсодержащих калийных удобрениях считался перхлоратный. Метод основан на осаждении калия хлорной кислотой. При этом выделяются перхлопраты калия и натрия:



При промывании этих солей спиртом все соли растворяются, а KClO_4 остается в осадке, который отфильтровывают, сушат и взвешивают. По массе осадка вычисляют содержание калия в удобрениях.

В сульфатных калийных удобрениях проводят осаждение калия дипикриламином в форме дипикриламмината калия. Осадок отфильтровывают, сушат, взвешивают и высчитывают содержание калия в удобрениях.

В настоящее время основным методом определения калия в минеральных удобрениях является тетрафенилборатный. По этому методу калий осаждают в уксуснокислой среде тетрафенилборатом натрия с последующим высушиванием и взвешиванием полученного осадка тетрафенилбората калия. Данный метод рекомендован для определения калия в удобрениях, содержащих 9-63 % K_2O .

Кроме весовых методов при анализе калийных удобрений используют и метод пламенной фотометрии для удобрений с невысоким содержанием калия

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 удобрений (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.
25. Какие методы используют для определения различных форм азота в минеральных удобрениях?
26. Какими методами определяют содержание фосфора в различных группах фосфорных удобрений?
27. Принципы определения содержания калия в удобрениях.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ОСНОВНЫЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ

Установление оптимальных норм минеральных удобрений является обязательным условием рационального их применения в целях повышения урожая и качества сельскохозяйственных культур. При расчете норм удобрений необходимо учитывать величину планируемого урожая, почвенно-климатические и агротехнические условия его получения, особенности питания растений.

Из существующих методов определения норм минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры наиболее распространены следующие:

1. Определение норм удобрений с использованием результатов полевых опытов и агрохимических картограмм.
2. Расчетные (балансовые) методы.
3. Нормативный метод.

6.1. Определение норм удобрений с использованием результатов полевых опытов и агрохимических картограмм

Полевые опыты с удобрениями проводятся научно-исследовательскими учреждениями и проектно-изыскательскими станциями химизации в системе географической сети опытов в различных природно-климатических зонах. По результатам опытов устанавливают нормы удобрений для основных возделываемых культур, они рекомендуются к практическому использованию в пределах зоны со сходными почвенно-климатическими условиями (средние зональные нормы).

Агроном использует агрохимические картограммы, делает расчеты на основании поправочных коэффициентов на обеспеченность почвы доступными питательными веществами и по ним корректирует рекомендованные нормы удобрений для условий конкретного поля. Поправочные коэффициенты разработаны для фосфорных и калийных удобрений (табл. 9, 10).

Таблица 9. Поправочные коэффициенты к средним нормам фосфорных удобрений с учетом содержания подвижных форм фосфора в почве

Обеспеченность почвы подвижным фосфором	Зерновые культуры, лен	Пропашные культуры	Овощные культуры
Очень низкая	1,4-1,5	Требуется окультуривание почв	
Низкая	1,0	1,3-1,4	Окультуривание
Средняя	0,6-0,7	1,0	1,2-1,3
Повышенная	0,4-0,6	0,7-0,8	1,0
Высокая	0,1-0,3	0,1-0,3	0,4-0,6

Примечание. За «1,0» принята средняя рекомендованная норма удобрения.

Задание 1. Скорректировать средние нормы фосфорных удобрений с учетом обеспеченности почв подвижным фосфором (кг/га д.в.)

Зерновые Пропашные Овощные

Дерново-подзолистые почвы

Средняя норма удобрений	60	70	80
Обеспеченность почвы фосфором	_____	_____	_____
Поправочный коэффициент	_____	_____	_____
Уточненная норма удобрения, кг/га д.в.	_____	_____	_____

Серые лесные почвы

Средняя норма удобрений	40	60	80
Обеспеченность почвы фосфором	_____	_____	_____
Поправочный коэффициент	_____	_____	_____
Уточненная норма удобрения, кг/га д.в.	_____	_____	_____

Черноземы выщелоченные и оподзоленные

Средняя норма удобрений	60	60	80
Обеспеченность почвы фосфором	_____	_____	_____
Поправочный коэффициент	_____	_____	_____
Уточненная норма удобрения, кг/га д.в.	_____	_____	_____

На почвах с высокой и очень высокой обеспеченностью подвижным фосфором применяют рядковое внесение фосфорных удобрений или их не вносят совсем.

Таблица 10. Поправочные коэффициенты к средним нормам калийных удобрений с учетом содержания подвижного калия в почве

Обеспеченность почвы подвижным калием	Зерновые культуры, лен	Пропашные культуры	Овощные культуры
Очень низкая	1,3-1,5	1,5-2,0	1,5-2,0
Низкая	1,2-1,3	1,4-1,5	1,4-1,5
Средняя	1,0	1,0	1,0
Повышенная	0,7-0,8	0,7-0,8	0,8-1,0
Высокая	0,1-0,3	0,3-0,5	0,7-0,8

При очень высоком содержании подвижного калия в почве калийные удобрения вносить нецелесообразно.

Задание 2. Скорректировать средние нормы калийных удобрений с учетом обеспеченности почв подвижным калием (кг/га д.в.)

Зерновые Пропашные Овощные

Дерново-подзолистые почвы

Средняя норма удобрений	60	60	80
Обеспеченность почвы калием	_____	_____	_____
Поправочный коэффициент	_____	_____	_____
Уточненная норма удобрения, кг/га д.в.	_____	_____	_____

Серые лесные почвы

Средняя норма удобрений	40	40	60
Обеспеченность почвы калием	_____	_____	_____
Поправочный коэффициент	_____	_____	_____
Уточненная норма удобрения, кг/га д.в.	_____	_____	_____

По азоту агрохимические картограммы не составляют. Потребность сельскохозяйственных культур в азотных удобрениях определяется с учетом обеспеченности почв нитратным азотом весной (табл. 11).

Таблица 11. Ориентировочные нормы азотных удобрений под полевые культуры, кг/га д.в.

Обеспеченность азотом	Потребность в азотных удобрениях	Подтайга		Лесостепь		Степь	
		зерновые	пропашные	зерновые	пропашные	зерновые	пропашные
Очень низкая	Очень сильная	60	60-80	45	60-80	45	40-60
Низкая	Сильная	45	60	30	50-60	30	30-45
Средняя	Средняя	30	45	20	40	0	30
Высокая	Отсутствует	Удобрения не применяются					

Под многолетние травы в зависимости от обеспеченности почв нитратным азотом азотные удобрения вносят в следующих нормах (табл. 12).

Таблица 12. Ориентировочные нормы азотных удобрений под многолетние травы, кг/га д.в.

Обеспеченность азотом	Потребность в азотных удобрениях	Подтайга	Лесостепь	Степь
Очень низкая	Очень сильная	60-80	60-80	45-60
Низкая	Сильная	45-60	30-45	30-45
Средняя	Средняя	30	40	30

При высокой обеспеченности почв нитратным азотом потребность в азотных удобрениях отсутствует.

В Сибири широко внедряется система почвенной диагностики азотного питания полевых культур и применения азотных удобрений. На основе коли-

чественных градаций обеспеченности почв нитратным азотом в слое 0-40 см определяются нормы внесения азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры (табл. 13).

Таблица 13. Шкала обеспеченности почв азотом и определение потребности в азотных удобрениях (по Г.П. Гамзикову, 1989)

Обеспеченность растений азотом	Содержание нитратного азота в слое 0-40 см		Потребность в азотном удобрении
	мг/кг	кг/га	
Очень низкая	меньше 5	меньше 25	очень сильная
Низкая	5-10	25-50	сильная
Средняя	10-15	50-75	средняя
Высокая	больше 15	больше 75	отсутствует

Задание 3. Определить нормы азотных удобрений под зерновые культуры при содержании нитратного азота в слое почвы 0-40 см перед посевом: в зоне подтайги – 2,5 мг/кг; лесостепи – 11,5; степи – 8 мг/кг.

6.2. Расчетные (балансовые методы)

Для определения норм удобрений балансовыми методами используют следующие показатели:

- вынос питательных элементов растениями;
- количество питательных веществ, которое растение может получить из почвы;
- коэффициенты использования питательных веществ растениями из органических и минеральных удобрений.

Вынос питательных элементов растениями является расходной частью баланса, которая определяет потребность в питательных веществах для получения планируемого урожая или его прибавки. Показатели величины выноса элементов питания приводятся в справочниках по применению удобрений.

Приходная часть баланса последовательно формируется за счет запасов питательных веществ почвы (пахотный горизонт), применения органических и минеральных удобрений. Обязательным является учет зональных коэффициентов использования (%) питательных веществ из почвы и удобрений, а также знание биологических особенностей питания растений.

Планируемая урожайность

Начальным этапом расчета является определение величины планируемой урожайности. Для этого можно использовать следующую формулу:

$$Y = \frac{1000 \times (W + P \times 0.7)}{K_v \times S \times (100 - B_c)},$$

где Y – величина возможного урожая, т/га;

W – запас продуктивной влаги в почве весной, мм;

P – сумма осадков за вегетационный период растений, мм;

0,7 – коэффициент использования осадков;

K_v – коэффициент водопотребления, м³/т;

S – сумма составных частей товарной (основной) и нетоварной (побочной) продукции;

B_c – стандартная влажность, %.

Запас продуктивной влаги в почве определяют по формуле:

$$W = 0.1 \times d \times h \times (B - B_z),$$

где W – запас продуктивной влаги, мм;

0,1 – коэффициент перевода водяного слоя;

d – объемная масса почвы, г/см³;

h – мощность слоя почвы, см;

B – влажность почвы, %;

B_z – влажность завядания, %.

Коэффициент водопотребления — количество воды (м³), испаряемое растениями и почвой для образования 1 т сырой массы товарного урожая. Коэффициент водопотребления неодинаков для разных культур, он также подвержен значительным колебаниям в зависимости от условий возделыва-

ния (табл. 14). Для более точных расчетов следует применять конкретные коэффициенты водопотребления, получаемые в опытах зональных научно-исследовательских учреждений.

Таблица 14. Коэффициенты водопотребления для различных сельскохозяйственных культур, м³/т

Культура	Кв
Рожь озимая	400-600
Пшеница озимая	440-660
Озимое тритикале	560-760
Яровая пшеница	600-800
Яровой ячмень	420-720
Овес	620-800
Просо	370-670
Гречиха	790-1000
Горох	750-950
Лен (семена + соломка)	950-1100
Многолетние травы на семена:	
мятликовые	2100-2300
мотыльковые	8000-10000
Кукуруза на силос	240-300
Подсолнечник на силос	280-380
Кормовая свекла	100-120
Брюква	80-100
Турнепс	80-100
Сахарная свекла	180-200
Горохово-овсяная смесь на зеленую массу	340-420
Горохово-овсяная смесь на сено	300-450
Многолетние травы на зеленую массу	100-120
Многолетние травы на сено	480-550
Многолетние травы (пастбище)	190-250
Картофель	110-160
Капуста ранняя	180-200
поздняя	190-220
Огурцы	120-200
Томаты	150-190
Морковь	80-100
Свекла столовая	80-100

Стандартная влажность для зерновых культур составляет 14%, для однолетних и многолетних трав на сено – 16, для кукурузы на силос – 70, для корне- и клубнеплодов (картофель, свекла) – 75%.

Для определения показателя S нужно знать соотношение основной и побочной продукции в урожае различных сельскохозяйственных культур (табл. 15). Для пропашных культур и различных трав этот показатель не учитывается.

Таблица 15. Соотношение различных видов продукции в урожае сельскохозяйственных культур

Культура	Основная продукция	Отношение основной продукции к побочной
Озимая рожь	зерно	1 : 2
Пшеница яровая	– " –	1 : 1,6
Овес, гречиха, горох	– " –	1 : 1,5
Ячмень	– " –	1 : 1,4
Вика	– " –	1 : 1,2
Лен-долгунец	семена	1 : 8
– " –	волокно	1 : 6
Картофель	клубни	1 : 1
Свекла сахарная	корнеплоды	1 : 0,5
Свекла кормовая	– " –	1 : 0,4

Задание 4. Рассчитать возможную урожайность яровых зерновых (пшеница, овес, ячмень) в лесостепной зоне Новосибирской области при: $W = 150-200$ мм, $P = 180-220$ мм.

Задание 5. Рассчитать возможную урожайность зеленой массы кукурузы и клубней картофеля в пригородной зоне Новосибирской области. $W = 150-210$ мм, $P = 180-220$ мм.

Задание 6. Рассчитать возможную урожайность многолетних злаковых и бобовых трав на сено для лесостепной зоны Новосибирской области. $W = 150-200$ мм, $P = 180-220$ мм.

Вынос урожаем питательных веществ из почвы

Биологические особенности растений, а также условия их выращивания определяют вынос элементов минерального питания с урожаями различных культур. Общий вынос питательных веществ растениями зависит от величины урожая и химического состава растений. Общий вынос питательных веществ можно рассчитать по формуле:

$$B_{\text{общ}} = U_1 \cdot \mathcal{E}_1 + U_2 \cdot \mathcal{E}_2 \cdot 10$$

где $B_{\text{общ}}$ – вынос питательных веществ урожаем, кг/га;

U_1 – урожайность товарной продукции, т/га;

\mathcal{E}_1 – содержание элемента питания в товарной продукции, %;

U_2 – урожайность побочной продукции, т/га;

\mathcal{E}_2 – содержание элемента питания в побочной продукции, %;

10 – коэффициент пересчета в килограммы.

Вынос элементов питания на 1 т продукции (B_m) определяют по формуле: $B_m = B_{\text{общ}} / U$

Для основных сельскохозяйственных культур в таблице 16 приведены размеры выноса питательных веществ.

Усвоение растениями питательных веществ из почвы

Растения усваивают только некоторую часть содержащихся в почве доступных форм питательных веществ. Коэффициент использования растением того или иного элемента питания из почвы показывает долю его потребления по отношению к общему содержанию подвижной формы этого элемента в пахотном слое на 1 га и выражается в процентах.

Коэффициенты использования питательных веществ очень изменчивы, они зависят от водно-физических, биохимических и агрохимических свойств почв.

Для сибирских почв средние коэффициенты усвоения питательных веществ примерно составляют следующие величины. Для зерновых культур:

азот - 40-50; фосфор - 5-10; калий - 15-20%; для пропашных культур: азот – 50-60; фосфор – 10-20; калий – 20-30%.

Таблица 16. Примерный вынос питательных веществ урожаями некоторых сельскохозяйственных культур

Культура	На 1 т основной продукции с учетом побочной, кг		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая рожь	31	14	26
Яровая пшеница	35	12	18
Ячмень	29	13	26
Овес	28	13	29
Просо	30	14	36
Горох	65	14	22
Вика и викоовсяные смеси	40	14	23
Картофель	6,0	2,0	8,0
Свекла	6,5	1,5	8,0
Кукуруза на силос	4,0	1,5	6,0
Подсолнечник на силос	3,0	1,0	6,0
Горох-овес, вика-овес на зеленый корм	2,0	1,6	4,0
Однолетние травы (зеленый корм)	11,4	1,6	4,8
Однолетние травы (сено)	21,0	4,5	19,0
Многолетние травы на сено	17,6	6,3	19,5
Многолетние травы на силос	3,7	1,5	3,9
Капуста белокочанная	3,4	1,3	4,4
Морковь столовая	3,2	1,0	5,0
Свекла столовая	2,7	1,5	4,3
Огурец	1,7	1,4	2,6
Томат, лук-репка	3,7	1,2	4,0

Использование растениями питательных веществ из удобрений

Коэффициент использования питательных веществ из удобрений показывает долю их потребления растениями от общего количества вносимого с удобрением элемента питания на создание прироста урожая. Для расчетов могут быть использованы следующие средние величины коэффициентов использования питательных веществ из удобрений (табл. 17).

Расчет удобрений по общему выносу питательных веществ планируемым урожаем

Задание 7. По форме 2 рассчитать норму удобрений по общему выносу питательных веществ планируемым урожаем, используя ранее полученные ре-

зультаты по урожайности, выносу и коэффициентам использования питательных веществ.

Таблица 17 . Средние коэффициенты использования питательных веществ растениями из удобрений, %

Год действия	Из органических удобрений			Из минеральных удобрений		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1-й	20-25	25-30	50-60	60-70	15-20	50-60
2-й	20	10-15	10-15	-	10-15	20
3-й	10	5	-	-	5	-

Форма 2

Показатели	Культура _____ Урожайность _____		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Примерный вынос питательных веществ, кг/т			
2. Вынос питательных веществ планируемым урожаем, кг/га			
3. Почва			
3.1. Содержание подвижных элементов питания в почве, мг/кг			
3.2. Запасы питательных веществ в пахотном слое почвы, кг/га			
3.3. Коэффициенты использования питательных веществ почвы, %			
3.4. Количество питательных веществ, поглощаемых растениями из почвы, кг/га			
4. Органические удобрения			
4.1. Внесено органического удобрения, т/га			
4.2. Содержание питательных веществ в удобрении, %			
4.3. Количество элементов питания в удобрении, кг			
4.4. Коэффициент использования удобрений, %			
4.5. Использование растениями элементов питания с учетом коэффициентов, кг			
5. Минеральные удобрения			
5.1. Требуется внести с минеральными удобрениями, кг/га д.в.			
5.2. Коэффициент использования минеральных удобрений, %			
5.3. Будет внесено питательных веществ с учетом коэффициентов использования, кг/га			
5.4. Содержание д.в. в удобрении, %			
5.5. Норма физических туков, ц/га			

6.3. Нормативный метод

В нормативном методе учитывается определенное количество питательных веществ минеральных удобрений, которые расходуются на производство единицы продукции. Эта величина, установленная в полевых опытах для разных сельскохозяйственных культур в различных природно-хозяйственных зонах имеет наименование «норматив затрат минеральных удобрений на производство 1 т сельскохозяйственной продукции, кг д.в.» (табл.18).

Таблица 18. Нормативы затрат минеральных удобрений на производство сельскохозяйственной продукции, кг д.в.

Культура	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Зона подтайги			
Озимая рожь	24	27	16
Яровая пшеница	37	36	34
Ячмень	21	32	21
Овес	20	20	13
Кукуруза	3,2	2,4	2,5
Картофель	4,1	3,4	3,6
Многолетние травы на сено	18,3	16,1	15,3
Лесостепная зона			
Озимая рожь	13	18	16
Яровая пшеница	26	29	16
Ячмень	25	23	20
Овес	20	20	13
Кукуруза	3,2	2,1	2,2
Картофель	4,0	4,4	4,4
Многолетние травы на сено	18,3	16,1	15,3
Степная зона			
Озимая рожь	19	24	16
Яровая пшеница	21	26	12
Ячмень	17	33	20
Овес	14	19	8
Картофель	3,8	5,5	4,0
Многолетние травы на сено	18,3	16,1	15,3

Определение потребности в азотных удобрениях

Общую потребность в азоте на определенный уровень урожайности рассчитывают по формуле:

$$N = \frac{Y \times H}{K},$$

где N – потребное количество азота для формирования урожая, кг/га;

Y – уровень урожайности, т/га;

H – норматив расхода азота на 1 т основной и соответствующее количество побочной продукции, кг;

K – усредненный коэффициент использования минерального азота:

0,6-0,7 – для зоны северной лесостепи;

0,5-0,6 – для зоны южной лесостепи;

0,4-0,5 – для степной зоны.

Потребность в азоте для растений определяют на основе почвенной диагностики. В условиях Западной Сибири основным источником азота для растений является нитратный азот, содержание которого определяется в слое 0-40 см перед посевом. Дополнительное количество азота получают растения в течение вегетации за счет текущей нитрификации под посевами. Текущая нитрификация – величина непостоянная и зависит от типа почвы, предшественника, климатических условий в период вегетации (табл. 19).

Таблица 19. Примерные величины текущей нитрификации в почвах Западной Сибири, кг/га

Культура	Степь	Южная лесостепь	Северная лесостепь	Тайга и подтайга
Пшеница	50-70	50-60	40-50	30-40
Кукуруза	70-80	60-70	50-60	40-50

Для расчетов условно можно принять, что и другие однолетние культуры потребляют примерно такое же количество азота за счет текущей нитрификации.

Формула расчета норм азотных удобрений приобретает следующий вид:

$$N = \frac{U \times H}{K} - Nn + Nm,$$

где N – потребное количество азота для формирования урожая, кг/га;

U – уровень урожайности, т/га;

H – норматив расхода азота на 1 т продукции, кг;

K – усредненный коэффициент использования минерального азота;

Nn – весенний запас азота в почве, кг;

Nm – поступление азота за счет текущей нитрификации, кг.

Определение потребности в фосфорных и калийных удобрениях

Потребность в фосфорных или калийных удобрениях определяется по формуле:

$$D = U \times H \times K,$$

где D – норма фосфорных (или калийных) удобрений, кг/га д.в.;

U – уровень урожайности, т/га;

H – норматив затрат фосфорных (или калийных) удобрений на производство 1 т продукции, кг д.в.;

K – поправочный коэффициент на содержание фосфора (калия) в почве.

Для Новосибирской области в соответствии со шкалой обеспеченности почв подвижными формами фосфора и калия по Чирикову установлены следующие коэффициенты (табл. 20 и 21).

Таблица 20. Поправочные коэффициенты на обеспеченность почв подвижным фосфором

Содержание P_2O_5 , мг/кг почвы	Поправочный коэффициент, K	Степень потребности растений в удобрениях
0-20	1,5	Очень высокая
21-50	1,3	Высокая
51-100	1,0	Средняя
101-150	0,7	Рядковое удобрение
151 и выше	0,5	Рядковое удобрение

Таблица 21. Поправочные коэффициенты на обеспеченность почв подвижным калием

Содержание K_2O , мг/кг почвы	Поправочный коэффициент, К	Степень потребности растений в удобрениях
менее 40	1,3	Очень высокая
41-80	1,0	Высокая
81-120	0,7	Средняя
121-180	0,5	Низкая
более 180	0,3	Отсутствует

Задание 8. Используя нормативы затрат минеральных удобрений (табл.18), рассчитайте нормы удобрений на планируемый урожай сельскохозяйственных культур по зонам.

Вопросы для самостоятельной работы

1. Назовите основные методы расчета норм удобрений. На чем основаны данные методы расчета?
2. Каковы физиологические основы определения потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях?
3. Что такое биологический и хозяйственный вынос питательных веществ?
4. Что влияет на использование питательных веществ из почвы?
5. Влияние азотных удобрений на урожай сельскохозяйственных культур и его качество, устойчивость растений к болезням и вредителям.
6. Влияние фосфорных и калийных удобрений на урожай и качество с.-х. культур, устойчивость растений к болезням и вредителям.
7. Средние коэффициенты использования подвижных форм азота, фосфора и калия на разных типах почв.
8. Каковы средние коэффициенты использования питательных веществ растениями из органических удобрений?
9. Каковы средние коэффициенты использования питательных веществ из минеральных удобрений?

10. Способы (допосевное, припосевное, послепосевное) и приемы (локальное, вразброс, запасное) внесения удобрения, их назначение в питании растений.
11. Влияние прикорневых и поверхностных подкормок азотными удобрениями на урожайность и качество зерна пшеницы.
12. Какие виды диагностики используют для проведения подкормок?
13. В каких случаях применяется некорневая подкормка? Какова ее роль?
14. Под какие культуры наиболее целесообразно вносить повышенные дозы органических удобрений?
15. Нормы, место и сроки внесения органических удобрений в различных севооборотах.
16. Сочетание минеральных и органических удобрений при применении их под полевые культуры.
17. Методы расчета доз удобрений под сельскохозяйственные культуры.
18. Значение агрохимических картограмм и их использование при расчетах норм удобрений.
19. Расчетные методы определения норм минеральных удобрений.
20. Составление годового и календарного плана применения удобрений.

Вопросы для тестирования

1. Какое из определений системы удобрений полное и правильное?

Система удобрений это:

А. Агрономически и экономически наиболее эффективное и экологически безопасное применение удобрений без учета обеспеченности почв элементами питания с учетом природно-климатических и экономических условий

Б. Всесторонне обоснованные виды, нормы, соотношения, сроки и способы применения удобрений и мелиорантов с учетом потребностей и чередования культур и уровня плодородия почв в каждом агроландшафте, обеспе-

чивающие максимальные урожаи хорошего качества с одновременным сохранением плодородия почв

В. Комплекс организационно-хозяйственных, агротехнических и агрохимических мероприятий, направленных на научно обоснованное применение удобрений с указанием вида, норм и доз, сроков и способов внесения под сельскохозяйственные культуры.

2. Биологические особенности культур в потреблении питательных элементов – это:

А. Хозяйственный вынос элементов питания;

Б. Динамика поглощения и биологический вынос элементов питания;

В. Динамика поглощения элементов питания, способность усвоения элементов питания из соединений в зависимости от периодов питания и хозяйственный вынос элементов.

3. Лучшее время заделки подстилочного навоза в почву после разбрасывания его по полю:

А. В течение часа; Б. Через три часа; В. Через десять часов; Г. Немедленно; Д. В течение суток.

4. Место навоза под культуру севооборота выбирают с учетом:

А. Возможности качественного внесения по полю;

Б. Действия и последствий;

В. Отзывчивости культур на органические удобрения;

Г. Биологических особенностей культуры;

Д. Совокупности всех показателей.

5. При внесении в эквивалентных количествах питательных элементов навоз эффективнее минеральных удобрений под:

А. Пшеницей;

Б. Кукурузой;

В. Подсолнечником.

6. При локальном внесении под зерновые культуры наиболее эффективно внесение:

А. Аммиачной селитры; Б. Суперфосфата; В. Сульфата калия; Г. Карбамида;

7. Какие из перечисленных удобрений лучше всего вносить под основную обработку?

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| А. Аммиачную селитру; | Б. Суперфосфат; |
| В. Карбамид; | Г. Калий хлористый. |

8. Оптимальную норму удобрений для получения планируемой урожайности определяют:

А. Используя рекомендации, основанные на данных полевых опытов, с учетом класса обеспеченности по агрохимическим картограммам;

Б. По баллу бонитета почв;

В. Расчетами с применением баланса элементов питания.

9. В какой форме разложения лучше всего вносить навоз подстилочный в полевом севообороте:

- | | |
|-------------------------------|---------------------|
| А. Свежий (не разложившийся); | Б. Полуперепревший; |
| В. Перепревший; | Г. Перегной. |

10. Дозы основного внесения азотных удобрений корректируют:

А. Не корректируют, используют рекомендованные для зоны.

Б. По содержанию нитратного азота в образцах почв, отобранных поздно осенью или рано весной.

В. По азоту нитратов накопленных предшественником (по справочным данным).

11. В расчетах баланса питательных элементов учитывают:

- | | |
|-------------------|---|
| 1. Статьи прихода | А. Вынос с урожаем |
| 2. Статьи расхода | Б. Внесение с органическими удобрениями |
| | В. Денитрификация |
| | Г. Азотфиксация всех видов |
| | Д. Внесение с минеральными удобрениями |

12. При обилии осадков и орошении удобрения вымываются:

- | | |
|------------|----------|
| 1. Азотные | А. Слабо |
|------------|----------|

2. Фосфорные

Б. Средне

3. Калийные

В. Сильно

13. Какие из перечисленных удобрений будут физиологически кислыми:

А. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; Б. NaNO_3 ; В. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; Г. KCl ;

14. Какие из перечисленных удобрений будут физиологически щелочными:

А. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; Б. NaNO_3 ; В. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; Г. KCl .

ГЛОССАРИЙ

Составлен на основании ГОСТ 20432-83.

Термин	Определение
ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ	
Агрономическая химия (Агрохимия)	Наука о взаимодействии удобрений, почвы, растений и климата, круговороте веществ в земледелии и рациональном применении удобрений
Удобрение	Вещество для питания растений и повышения плодородия почвы
Агрономические руды	Минеральное сырье для производства минеральных удобрений
Химическая мелиорация почв	Улучшение физико-химических свойств кислых и солонцовых почв путем проведения известкования и гипсования почв
Известкование почвы	Химическая мелиорация кислых почв путем применения известковых удобрений
Гипсование почвы	Химическая мелиорация солонцовых почв путем применения гипса
Азотфиксация	Усвоение молекулярного атмосферного азота микроорганизмами
Симбиотическая азотфиксация	Азотфиксация микроорганизмами, живущими в симбиозе с бобовыми и некоторыми небобовыми растениями
Несимбиотическая азотфиксация	Азотфиксация свободноживущими микроорганизмами почвы
Коэффициент азотфиксации	Отношение количества фиксированного атмосферного азота к общему содержанию его в бобовых растениях
Аммонификация	Разложение азотсодержащих органических веществ микроорганизмами с образованием аммиака
Нитрификация	Окисление аммонийных ионов нитрифицирующими бактериями до нитратов и нитритов
Ингибиторы нитрификации	Вещества, подавляющие нитрификацию аммонийного и амидного азота почвы и удоб-

	рений
Нитрификационная способность почвы	Способность почвы накапливать нитраты под влиянием микробиологических процессов при определенной температуре и влажности
Денитрификация	Восстановление нитратов биологическим или химическим путем до молекулярного азота или его окислов
Биологический азот	Азот, поступающий в почву и растения в результате фиксации атмосферного азота микроорганизмами
Азотонакопители	Бобовые растения, которые благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями, способны поглощать атмосферный азот и обогащать им почву
Минеральное питание растений	Поглощение и усвоение питательных элементов растениями в минеральной форме
Углеродное питание растений (фотосинтез)	Ассимиляция растениями углекислого газа из атмосферы с помощью солнечной энергии
Некорневое питание растений	Поступление питательных элементов в растения через надземные органы
Диагностика питания растений	Определение степени обеспеченности растений питательными элементами
Эффективность удобрения	Показатель, характеризующий степень положительного влияния удобрения на урожай, его качество и плодородие почвы
МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ	
Минеральное удобрение	Удобрение промышленного или ископаемого происхождения, содержащее питательные элементы в минеральной форме
Питательный элемент	Элемент удобрения, необходимый для роста и развития растений. Примечание. Питательные элементы подразделяются на три группы: главные питательные элементы - N, P, K, макроэлементы - N, P, K, Ca, Mg, S, элементы, содержащиеся в растениях и почве в количестве от нескольких процентов до их сотых долей в расчете на сухое вещество, микроэлементы - B, Mn, Cu, Zn, Co, Mo, Fe и

	другие элементы, содержащиеся в растениях и почве в количестве не более тысячных долей процента в расчете на сухое вещество
Вид минерального удобрения	Категория минерального удобрения, выделяемая по действующему веществу. Примечание. Существуют следующие виды минеральных удобрений: азотные, фосфорные, калийные, магниевые, борные, молибденовые и др.
Действующее вещество удобрения	Основной питательный элемент, содержащийся в удобрении. Примечание. Для азотных удобрений - N, для фосфорных - P, для калийных - K
Коэффициент использования действующего вещества удобрения	Отношение количества действующего вещества, вынесенного урожаем, к общему количеству действующего вещества, внесенного с удобрением
Форма минерального удобрения	Характеристика вида удобрения по химическому составу. Примечание. Существуют следующие формы минеральных удобрений: сульфат аммония, аммиачная селитра, суперфосфат, хлористый калий и др.
Азотное удобрение	Удобрение, содержащее азот в усвояемой растениями форме
Аммиачное удобрение	Азотное удобрение, содержащее азот в аммиачной форме
Аммонийное удобрение	Азотное удобрение, содержащее азот в аммонийной форме
Нитратное удобрение	Азотное удобрение, содержащее азот в нитратной форме
Аммонийно-нитратное удобрение	Азотное удобрение, содержащее азот в аммонийной и нитратной формах
Амидное удобрение	Азотное удобрение, содержащее азот в амидной форме
Аммиакат	Концентрированный раствор азотного удобрения в водном аммиаке
Фосфорное удобрение	Удобрение, содержащее фосфор в усвояемой растениями форме

Лимонно-растворимые фосфаты удобрения	Фосфаты удобрения, извлекаемые раствором лимонной кислоты
Цитратно-растворимые фосфаты удобрения	Фосфаты удобрения, растворимые в щелочном растворе лимоннокислого аммония
Ретроградация фосфатов удобрения	Переход легкорастворимых фосфатов удобрения в труднорастворимые формы
Калийное удобрение	Удобрение, содержащее калий в усвояемой растениями форме
Известковое удобрение	Удобрение, содержащее кальций и магний в усвояемой растениями форме
Кальциевое удобрение	Удобрение, в котором действующим веществом является кальций. Примечание. К кальциевым удобрениям относится известняковая мука и др.
Магниевое удобрение	Удобрение, в котором действующим веществом является магний. Примечание. К магниевым удобрениям относится доломитовая мука и др.
Серное удобрение	Удобрение, в котором действующим веществом является сера
Микроудобрение	Удобрение, в котором действующим веществом является микроэлемент
Удобрение с микроэлементами	Минеральное удобрение, содержащее макроэлементы и микроэлементы
Простое минеральное удобрение	Минеральное удобрение с гарантированным содержанием только одного основного питательного элемента
Комплексное минеральное удобрение	Минеральное удобрение, содержащее не менее двух главных питательных элементов
Сложное минеральное удобрение	Комплексное твердое или жидкое минеральное удобрение, в котором все частицы, кристаллы или гранулы имеют одинаковый или близкий химический состав
Смешанное минеральное удобрение	Комплексное минеральное удобрение, полученное путем механического смешивания готовых порошковидных, кристаллических или гранулированных удобрений

Сложно-смешанное удобрение	Удобрение, полученное смешением готовых однокомпонентных и сложных удобрений и введением в смесь жидких и газообразных продуктов
Многофункциональное минеральное удобрение	Минеральное удобрение, содержащее кроме главных питательных элементов вещества, оказывающие специфическое воздействие на растения и почву, а именно: задерживающие или продолжающие действие удобрения, стимулирующие развитие растений, улучшающие структуру почвы и задерживающие влагу
Органоминеральное удобрение	Смесь органического и минерального удобрений, полученная в едином технологическом процессе или путем механического смешения
Однокомпонентное минеральное удобрение	Минеральное удобрение, содержащее один из главных питательных элементов
Длительно действующее удобрение	Удобрение, постепенно отдающее питательные элементы в течение одного или нескольких вегетационных периодов. Примечание. К длительно действующим удобрениям относятся полимерное, хелатированное, капсулированное и др.
Суспендированное удобрение	Удобрение в виде водной суспензии
Порошковидное удобрение	Минеральное удобрение, состоящее, в основном, из частиц размерами менее 1 мм
Кристаллическое удобрение	Минеральное удобрение, полученное в виде кристаллов с размерами, в основном, более 0,5 мм
Гранулированное минеральное удобрение	Минеральное удобрение, полученное методами приллирования, прессования или структурного гранулирования и состоящее, в основном, из частиц размером от 1 до 6 мм
Приллированное минеральное удобрение	Гранулированное минеральное удобрение, получаемое при распыскивании горячего расплавленного удобрения в потоке охла-

	ждающего воздуха или другого флюида
Капсулированное минеральное удобрение	Гранулированное минеральное удобрение, покрытое тонкой водонепроницаемой пленкой органических полимеров
Модифицированное минеральное удобрение	Минеральное удобрение, частицы которого покрыты тонким слоем различных материалов, улучшающих их свойства
Жидкое минеральное удобрение	Минеральное удобрение в виде раствора или суспензии питательных элементов в соответствующем растворителе
Наполнитель	Вещество, не содержащее питательных элементов и добавляемое к удобрению для регулирования содержания питательных элементов
Физиологически кислое удобрение	Удобрение, при внесении которого подкисляется почва из-за преимущественного использования растениями катионов
Физиологически щелочное удобрение	Удобрение, при внесении которого подщелачивается почва из-за преимущественного использования растениями анионов
Доза удобрения	Количество удобрения, вносимого под сельскохозяйственную культуру за один прием
Прямое действие удобрения	Действие удобрения на продуктивность сельскохозяйственной культуры в течение одного вегетационного периода
Последействие удобрения	Действие удобрения, внесенного под предшествующие культуры, на второй и последующие годы
Эффект взаимодействия удобрений	Эффект, полученный от совместного действия двух или большего числа питательных элементов, по сравнению с эффектом, полученным от раздельного их внесения
Технология внесения удобрения	Комплекс последовательных производственных операций по внесению удобрения
Способ внесения удобрения	Прием внесения удобрения под сельскохозяйственную культуру
Основное внесение удобрения	Внесение основной массы удобрения до посева или посадки

Рядковое внесение удобрения	Внесение удобрения при посеве или посадке
Подкормка растений	Внесение удобрения в период вегетации растений
Некорневая подкормка растений	Подкормка растений удобрениями опрыскиванием или опыливанием надземной части растений
Разбросное внесение удобрения	Внесение удобрения, обеспечивающее его сплошное равномерное размещение по поверхности почвы разбрасывателями
Локальное внесение удобрения	Внесение удобрения, обеспечивающее его размещение в почве очагами различной формы
Периодическое внесение минерального удобрения	Единовременное внесение нескольких доз минерального удобрения с заданной периодичностью. Примечание. Периодичность внесения удобрения может составлять от двух и более лет
Дробное внесение минерального удобрения	Внесение минерального удобрения несколькими дробными дозами в течение вегетационного периода
КАЧЕСТВО МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ	
Физические свойства минерального удобрения	Совокупность физических, физико-механических и физико-химических свойств минерального удобрения, определяющих его поведение при хранении, транспортировании и внесении в почву
Гигроскопичность минерального удобрения	Свойство минерального удобрения поглощать влагу с определенной интенсивностью из окружающей среды при определенной температуре и влажности
Слеживаемость минерального удобрения	Свойство минерального удобрения образовывать фазовые контакты сцепления между зернами минерального удобрения при определенных внешних условиях
Сыпучесть минерального удобрения	Свойство минерального удобрения свободно сыпаться под воздействием гравитационных сил в условиях складского хранения

Растворимость минерального удобрения	Масса минерального удобрения в килограммах, которая может быть растворена в 100 см ³ воды при определенной температуре
Угол естественного откоса	Угол образующей конуса свободно насыпанного минерального удобрения с горизонтальной плоскостью
Влажность минерального удобрения	Содержание влаги, химически не связанной и не хемисорбированной в минеральном удобрении
Прочность гранул минерального удобрения	Свойство гранул минерального удобрения, характеризующее его способность сохранять размеры и форму под воздействием внешних сил
Статическая прочность гранул минерального удобрения	Прочность гранул минерального удобрения, определяемая усилием разрушения гранул данного размера при одноосном сжатии между двумя параллельными плоскостями
Динамическая прочность гранул минерального удобрения	Прочность гранул минерального удобрения, определяемая степенью его разрушения при ударе о твердую поверхность с определенной силой
Гранулометрический (фракционный) состав минерального удобрения	Состав минерального удобрения по размерам (фракциям) частиц в процентном отношении
Истираемость гранул минерального удобрения	Прочность гранул минерального удобрения, определяемая степенью их разрушения под воздействием сил трения
Кондиционирование минерального удобрения	Совокупность технологических процессов, позволяющих улучшать физические свойства минерального удобрения
Рассыпчатость минерального удобрения	Состояние минерального удобрения, характеризующее степень их агломерации, выраженное относительным количеством комков в процентах
Насыпная плотность минерального удобрения	Отношение массы минерального удобрения к его объему. Примечание. Насыпная плотность минерального удобрения может быть с уплотнением и без уплотнения

Химический состав минерального удобрения	Состав минерального удобрения по содержанию питательных элементов, примесей и воды
Содержание питательных элементов	Наличие питательных элементов, усваиваемых растениями и растворимых в воде, нейтральном цитратном растворе, аммиачном цитратном растворе, растворе лимонной кислоты, 2%-ном растворе муравьиной кислоты
Свободная кислотность минерального удобрения	Количество свободной кислоты в составе минерального удобрения
Свободная щелочность минерального удобрения	Количество свободной щелочи в составе минерального удобрения
Нейтрализации удобрения	Устранение кислотности удобрения с помощью нейтрализующих добавок
ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ	
Органическое удобрение	Удобрение, содержащее органические вещества растительного или животного происхождения
Навоз	Смесь твердых и жидких экскрементов сельскохозяйственных животных с подстилкой или без нее
Подстилочный навоз	Навоз с подстилкой и кормовыми остатками
Навозная жижа	Жидкость, выделяющаяся при хранении подстилочного навоза
Свежий слаборазложившийся навоз	Подстилочный навоз, в котором в результате микробиологических процессов подстилка и кормовые остатки имеют незначительно изменившийся цвет и прочность
Полуперепревший навоз	Подстилочный навоз, в котором в результате микробиологических процессов подстилка и кормовые остатки приобретают темно-коричневый цвет, теряют прочность и легко разрываются
Торфяной навоз	Подстилочный навоз, полученный при использовании торфа в качестве подстилки животным
Бесподстилочный навоз	Навоз без подстилки с добавкой воды или без нее

Полужидкий навоз	Бесподстилочный навоз, содержащий более 8% сухого вещества
Жидкий навоз	Бесподстилочный навоз, содержащий от 3 до 8% сухого вещества
Навозные стоки	Бесподстилочный навоз, содержащий менее 3% сухого вещества
Перепревший навоз	Навоз, в котором визуально нельзя обнаружить неразложившиеся растительные остатки
Компост	Органическое удобрение, полученное в результате разложения органических отходов растительного или животного происхождения
Торфонавозный компост	Компост, состоящий из смеси торфа и навоза
Торфожижевый компост	Компост, состоящий из смеси торфа и навозной жижи
Перегной	Однородная землистая масса, образовавшаяся в результате разложения навоза и органических остатков растительного или животного происхождения
Зеленое удобрение	Органическое удобрение, получаемое путем выращивания зеленой массы растений и последующего их запахивания
Сидерация	Повышение плодородия почвы путем запахивания в нее зеленого удобрения
Местное удобрение	Удобрение, получаемое в хозяйстве. Примечание. К местному удобрению относятся навоз, компосты и др.
ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЫ В СВЯЗИ С ПРИМЕНЕНИЕМ УДОБРЕНИЙ	
Агрохимическая характеристика почвы	Совокупность агрохимических показателей, характеризующих плодородие почвы
Агрохимическое картирование почвы	Составление агрохимических карт на основе полевых лабораторных и камеральных работ
Агрохимическая карта	Картографическое изображение содержания подвижных форм питательных элементов в почве и ее pH
Валовый анализ почвы	Определение общего содержания химических элементов в почве
Почвенный поглощающий	Высокодисперсная минеральная и органиче-

комплекс	ская части почвы, обуславливающие ее способность поглощать и обменивать ионы
Почвенный раствор	Жидкая фаза почвы
Реакция почвы	Соотношение концентрации H^+ и OH^- ионов в почвенном растворе, выраженное через pH водной или солевой вытяжек из почвы
Водная вытяжка из почвы	Вытяжка, полученная в результате взаимодействия воды с почвой
Кислотная вытяжка из почвы	Вытяжка, полученная в результате взаимодействия раствора минеральной или органической кислоты с почвой
Солевая вытяжка из почвы	Вытяжка, полученная в результате взаимодействия раствора соли с почвой
Кислотность почвы	Свойство почвы, обусловленное наличием водородных ионов в почвенном растворе и обменных ионов водорода и алюминия в почвенном поглощающем комплексе
Активная кислотность почвы	Кислотность почвенного раствора
Потенциальная кислотность почвы	Сумма обменной и гидролитической кислотности твердой фазы почвы
Обменная кислотность почвы	Кислотность почвы, проявляющаяся при обработке ее раствором нейтральной соли
Гидролитическая кислотность почвы	Кислотность почвы, проявляющаяся при обработке ее раствором гидролитически щелочной соли
Буферность почвы	Способность почвы противостоять изменению реакции почвенного раствора в кислую или щелочную сторону
Подвижный алюминий почвы	Алюминий, переходящий из почвы в раствор нейтральной соли
Поглотительная способность почвы	Способность почвы поглощать и удерживать твердые, жидкие и газообразные вещества
Механическая поглотительная способность почвы	Способность почвы механически задерживать в своих порах частицы другого вещества
Биологическое поглощение в почве	Поглощение растениями и почвенной микрофлорой питательных элементов из почвы, удобрений и воздуха

Химическая поглотительная способность почвы	Способность почвы переводить анионы и катионы почвенного раствора в труднорастворимые соединения
Обменная поглотительная способность почвы	Способность почвы удерживать на поверхности своих частиц ионы, способные к эквивалентному обмену
Физическая поглотительная способность почвы	Способность почвы удерживать на поверхности твердой фазы минеральные и органические вещества за счет адсорбционных сил
Емкость поглощения катионов почвой	Максимальное количество обменных катионов, которые могут быть поглощены почвой
Обменные катионы почвы	Катионы, поглощенные высокодисперсной частью почвы, способные к обмену
Сумма поглощенных оснований	Общее количество поглощенных оснований в почве
Поглощенные основания почвы	Поглощенные почвой катионы, за исключением водорода
Степень насыщенности почвы основаниями	Отношение суммы поглощенных оснований к емкости поглощения катионов почвой
Иммобилизация питательных элементов в почве	Переход питательных элементов почвы и удобрений из доступной в недоступную для питания растений форму
Мобилизация питательных элементов в почве	Переход органических и минеральных веществ почвы в доступную для питания растений форму
Минерализация органических веществ почвы	Разложение органических веществ почвы с образованием минеральных соединений
Гумификация	Превращение растительных и животных остатков и микроорганизмов, а также продуктов их жизнедеятельности в почве в гумусовые вещества
Валовый азот почвы	Общее содержание азота в почве
Валовый фосфор почвы	Общее содержание фосфора в почве
Подвижные фосфаты почвы	Фосфаты почвы, переходящие в слабокислые, солевые и слабощелочные вытяжки
Степень подвижности фосфатов почвы	Величина, характеризующая способность фосфатов почвы переходить в раствор водной или слабосолевой вытяжек

Валовый калий почвы	Общее содержание калия в почве
Обменный калий почвы	Калий почвы, способный к обмену на другие катионы
Фиксированный калий почвы	Поглощенный почвой калий, не вытесняемый растворами нейтральных солей
Доступные формы питательных элементов	Питательные элементы почвы, которые могут быть использованы растениями
Биологическая активность почвы	Интенсивность биологических процессов, протекающих в почве
Ферментативная активность почвы	Интенсивность превращения питательных элементов почвы под влиянием ферментов
Баланс питательных элементов в почве	Разность между поступлением и расходом питательных элементов в почве
Вынос питательных элементов из почвы	Количество питательных элементов, отчуждаемых из почвы урожаем основной и побочной продукции сельскохозяйственных культур на единицу площади
Возврат питательных элементов в почву	Количество питательных элементов, возмещаемых внесением удобрений, пожнивными и корневыми остатками
ОПЫТЫ С УДОБРЕНИЯМИ	
Полевой опыт с удобрениями	Опыт, проводимый в полевых условиях для определения действия удобрений на урожай сельскохозяйственных культур, его качество, а также на плодородие почвы
Производственный опыт с удобрениями	Полевой опыт с удобрениями, проводимый в производственных условиях для проверки рекомендаций и экономической оценки действия удобрений на урожай и его качество
Стационарный опыт с удобрениями	Полевой опыт с систематическим внесением удобрений, проводимый на одном участке, в севообороте, в звене севооборота или при бессменной культуре
Длительный опыт с удобрениями	Стационарный опыт с удобрениями, проводимый более одной ротации севооборота
Мелкоделяночный опыт с удобрениями	Полевой опыт с удобрениями, проводимый на делянках площадью не более 10 м
Краткосрочный опыт с	Полевой опыт с удобрениями, в котором изу-

удобрениями	чается действие удобрений на урожай и качество сельскохозяйственных культур не менее трех лет в аналогичных почвенных условиях
Микрополевой опыт с удобрениями	Опыт с удобрениями, проводимый в полевых условиях в сосудах без дна или на микроделянках площадью не более 1 м ²
Вегетационный опыт с удобрениями	Опыт с удобрениями, проводимый в искусственных условиях в сосудах, с целью изучения питания растений и обмена веществ в них
Лизиметрический опыт с удобрениями	Опыт с удобрениями, проводимый с использованием лизиметрической установки для изучения питательного режима почвы и передвижения минеральных и органических веществ по профилю почвы, баланса питательных элементов
Многофакторный опыт с удобрениями	Опыт с удобрениями, проводимый с целью выявления влияния удобрений на различные факторы. Примечание. К факторам относятся обработка почвы, орошение, сорт сельскохозяйственных культур и др.
Географическая сеть опытов с удобрениями	Сеть полевых опытов с удобрениями, проводимых в различных географических зонах страны по согласованной программе

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. Кидин В.В. Агрохимия / Рос. гос. аграр. ун-т –МСХА им. К.А. Тимирязева. – Москва: Проспект, 2016. – 608 с.
2. Агрохимия: учебник под ред. В.Г. Минеева. – Москва: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. – 854 с.

Дополнительная литература:

1. Муравин Э.А. Агрохимия: учебник для студ. учреждений высш. образования / Э.А. Муравин, Л.В. Ромодина, В.А. Литвинский. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 304 с.
2. Муравин Э.А., Титова В.И. Агрохимия / Э.А. Муравин, В.И.Титова.- М.: КолосС, 2010. – 463 с.
3. Ягодин Б.А. Агрохимия / Б.А. Ягодин, Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И.– М.: Колос, 2002. – 584 с.
4. Минеев В.Г.. Агрохимия / В.Г. Минеев. - М.: Изд-во Моск. Ун-та; Наука, 2006. – 720 с.
5. Практикум по агрохимии: учеб. пособие для студ. вузов по агр. спец./ В.В. Кидин, И.П. Дерюгин, В.И. Кобзаренко и др.; под ред. В.В. Кидина. — М.: КолосС, 2008. — 599 с.
6. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири / Г.П. Гамзиков. – М.: Наука, 1981. – 267 с.
7. Практикум по агрохимии: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. академика РАСХН В.Г. Минеева. – 2001. – 689 с.
8. Пискунов А.С. Методы агрохимических исследований / А.С. Пискунов. – М.: КолосС, 2004. – 312 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Приготовление дисульфифеноловой кислоты $C_6H_3(HSO_3)_2OH$

Взять навеску 74,6 г химически чистого фенола, осторожно смешать в толстостенной фарфоровой посуде с 500 мл концентрированной серной кислоты H_2SO_4 (плотностью 1,84), постоянно перемешивая фарфоровым шпателем или стеклянной палочкой. После того, как смесь охладится до комнатной температуры, поместить ее в круглую плоскодонную колбу объемом 1 л, закрыть пробкой с обратным холодильником и нагревать на водяной бане 6-8 часов до полного растворения фенола. Работу обязательно проводить под вытяжкой. Для приготовления дисульфифеноловой кислоты можно также взять 50 г реактива фенол 2,4-дисульфокислота и растворить в 100 мл концентрированной серной кислоты.

Приготовление 2,5%-ного раствора молибдата аммония $(NH_4)_2MoO_4$ в серной кислоте

На аналитических весах взять навеску 25 г перекристаллизованного молибдата аммония $(NH_4)_2MoO_4$ и растворить в 200 мл дистиллированной воды при комнатной температуре или при нагревании не выше $60^\circ C$. 280 мл концентрированной серной кислоты H_2SO_4 (плотностью 1,84) смешать с 500 мл дистиллированной воды. После охлаждения до комнатной температуры оба раствора сливают вместе, вливая раствор серной кислоты в раствор молибдата аммония при постоянном перемешивании. Доводят объем полученной смеси дистиллированной водой до 1 л. Реактив хранят в темной склянке с притертой пробкой. Возможно хранение в течение длительного времени.

Приготовление 2,5%-ного раствора двухлористого олова

На аналитических весах взять навеску соли $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ 0,25 г (или 200 мг безводной соли $SnCl_2$), поместить в стеклянную пробирку и прилить 10 мл

10%-ного раствора HCl. Пробирку ставят в химическом термостойком стакане с водой на водяную баню и кипятят до полного растворения навески. Для анализов используют только свежеприготовленный реактив.

Приготовление экстрагирующего раствора 0,5 н. CH₃COOH

Для приготовления 1 л раствора отмеривают 30 мл концентрированной уксусной кислоты. Отмеренный объем кислоты при перемешивании вливают в воду и доводят объем дистиллированной водой до 1 л. Точную концентрацию полученного раствора устанавливают титрованием. Для титрования в три конические колбы отбирают по 5 мл приготовленного раствора уксусной кислоты, приливают по 50 мл воды, 2 капли фенолфталеина и титруют 0,1 н. раствором NaOH до слабо-розовой окраски, не исчезающей в течение 1 минуты. Для вычисления точной концентрации используют среднее арифметическое значение результатов трех титрований. Точную концентрацию раствора (C) вычисляют по формуле:

$$C = \frac{c_1 \times V}{V_1}$$

где c_1 – нормальность раствора NaOH;

V – объем раствора NaOH, израсходованный на титрование, мл;

V_1 – объем раствора уксусной кислоты, отобранный для титрования, мл.

Для анализа допускается использование раствора CH₃COOH концентрацией от 0,49 до 0,51 моль/л.

Хранение реактива Несслера

Реактив Несслера представляет собой раствор в щелочной среде дигидрата тетрайодомеркуроата калия, имеющего формулу K₂[HgI₄]·2H₂O. Это жидкость бледно-желтого цвета. Под воздействием света этот химический реагент начинает разлагаться, поэтому его необходимо содержать в плотно закупоренной емкости (но не с притертой пробкой), которую следует хранить в прохладном месте. При этом важно помнить, что в веществе содержится

ртуть, что делает его токсичным, а в случае попадания раствора на кожу или слизистые оболочки возникает сильное раздражение, которое может вызвать общую интоксикацию.

Приготовление раствора сегнетовой соли ($KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$)

с массовой долей 50 %.

Навеску 500г сегнетовой соли растворяют в 500 см³ дистиллированной воды. Приготовленный раствор с помощью реактива Несслера необходимо проверить на содержание иона аммония. При наличии его в раствор добавляют небольшое количество КОН или NaOH до щелочной реакции. Затем раствор кипятят до начала образования на стенках стакана корки солей, разбавляют дистиллированной водой до прежнего объема и повторяют пробу на аммиак с реактивом Несслера.

В случае, если раствор сегнетовой соли получается желтоватой окраски, следует приготовить реактив из перекристаллизованной соли. Для этого нужно приготовить насыщенный раствор соли в горячей воде, температурой до 70 - 80 °С (избытка воды следует избегать). Раствор фильтруют в фарфоровую чашку диаметром 260 - 280 мм, упаривают на водяной бане до выпадения кристаллов, оставляют на 18 - 20 ч. Затем выпавшие кристаллы фильтруют с применением водоструйного насоса, один раз промывают дистиллированной водой и сушат между листами фильтровальной бумаги.

Классификация почв по обеспеченности питательными элементами (мг/кг) и кислотности

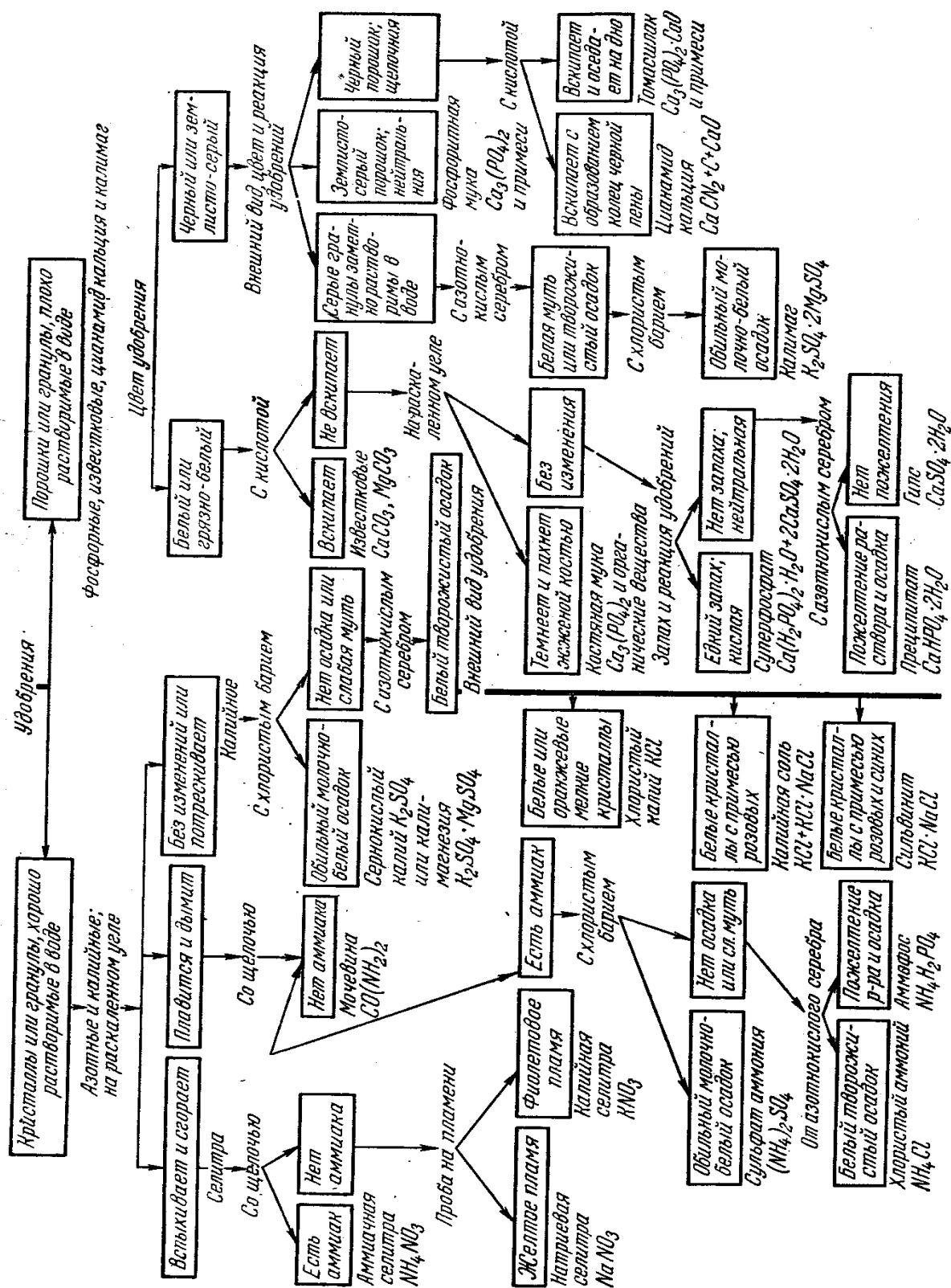
Класс	P ₂ O ₅				K ₂ O				N (по Тюрину и Кононовой)			Нитрифицирующая способность	pH _{сол}
	По Кирсанову	По Чирикову	По Мачигину	По Аррениусу, Ониани	По Кирсанову	По Чирикову	По Мачигину	По Масловой	pH<5	pH 5-6	pH>6,0		
1	<25	<20	<10	<80	<40	<20	<100	<50	<40	<30	<30	<5	<4,5
2	25-50	20-50	10-15	80-150	40-80	20-40	100-200	50-100	41-50	31-40	31-40	5-8	4,5
3*	51-100	51-100	15-30	151-300	81-120	41-80	201-300	101-150	51-70	41-60	41-50	8-15	4,6-5,0
4*	101-150	101-150	31-45	301-450	121-170	81-120	301-400	151-200	71-100	61-80	51-70	15-30	5,1-5,5
5*	151-250	151-200	46-60	451-600	171-250	121-180	401-600	201-300	101-140	81-120	71-100	31-60	5,6-6,0
6	>250	>200	>60	>600	>250	>180	>600	>300	>140	>120	>100	>60	>6,0

Примечание:

*Средняя обеспеченность для зерновых, зернобобовых, однолетних и многолетних трав.

**Средняя обеспеченность для пропашных культур.

***Средняя обеспеченность для овощных, а по фосфору и для технических культур.



Сокращенные обозначения удобрений

Наа - аммоний азотнокислый
 На - аммоний сернокислый
 Нм - мочевины
 Нс - селитра натриевая
 Нск - селитра калиевая
 Нскц - селитра кальциевая
 Нц - цианамид кальция
 Нва - водный аммиак
 Нба - безводный аммиак
 Рс - суперфосфат простой
 Рсг - суперфосфат гранулированный
 Рсд - суперфосфат двойной
 Рп - преципитат
 Роф - обесфторенный фосфат
 Рф - фосфоритная мука
 Рфш - 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

Мармулев Алексей Николаевич

Митракова Анна Григорьевна

Петров Андрей Федорович

АГРОХИМИЯ

Учебно-методическое пособие для лабораторно-практических занятий
и самостоятельной работы

Новосибирский государственный аграрный университет
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160