Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

С. А. Терещенко, Л. Д. Мудрова

АГРОХИМИЯ

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ
для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
35.03.04 – Агрономия

Калининград
2022

УДК 631.895 (07)

Рецензент
кандидат биологических наук, доцент кафедры агрономии и агроэкологии института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «КГТУ»
Е. А. Барановская

Терещенко, С. А.,

Агрохимия: учеб.-методич. пособие по выполнению лабораторных работ для студентов, обучающихся в бакалавриате по напр. подгот. 35.03.04 Агрономия / С. А. Терещенко, Л. Д. Мудрова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 37 с.

В учебно-методическом пособии по выполнению лабораторных работ «Агрохимия» представлены план проведения занятий, учебно-методические материалы по выполнению каждой лабораторной работы, общее содержание изучаемых тем, форма отчета по лабораторному занятию, вопросы для самоконтроля.

Табл. 12, список лит. – 23 наименования

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Агрохимия» рассмотрено и рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала на заседании кафедры агрономии и агроэкологии 8 ноября 2022 г., протокол № 5

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Агрохимия» рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 30 ноября 2022 г., протокол № 12

УДК 631.895 (07)

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2022 г.
© Терещенко С.А., Мудрова Л. Д., 2022 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…… 4
1 СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ…… 6
Лабораторная работа № 1. Техника безопасности, общие правила работы в агрохимической лаборатории и методы анализа……...…… 7
Лабораторная работа № 2. Определение обеспеченности растений питательными веществами по внешним признакам……. 10
Лабораторная работа № 3. Определение pH водной и солевой вытяжек потенциометрическим методом и расчет потребности почв в известковании…… 18
Лабораторная работа № 4. Определение гидролитической кислотности почвы и расчет извести……..…… 20
Лабораторная работа № 5. Распознавание минеральных удобрений по внешним признакам и качественным реакциям……. 21
Лабораторная работа № 6 Распознавание органических удобрений, определение влажности и степени разложения подстилки……..... 24
Лабораторная работа № 7. Ионометрический экспресс-метод определения нитратного азота…… 26
Лабораторная работа № 8. Определение качества воды……..… 31
2 ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ……... 33
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ…….. 35

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшими задачами агронома является создание оптимального питания сельскохозяйственным растениям, расширенное воспроизводство плодородия почв. Грамотное проведение известкования, внесение органических и минеральных удобрений способствует решению этих задач и является системой применения удобрений.

Дисциплина «Агрохимия» (Б1.О.06.10) относится к «Общепрофессиональному модулю» основной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 35.03.04 «Агрономия» и читается в пятом семестре.

Целью освоения дисциплины «Агрохимия» является формирование знаний, умений и практических навыков по основам питания сельскохозяйственных культур, являющихся научной базой интенсификации сельскохозяйственного производства за счет экономически обоснованного, ресурсосберегающего и экологически безопасного применения удобрений.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

– свойства почв, влияющие на продуктивность растений;

– основы питания растений;

– принципы и технологию химической мелиорации почв; виды и формы минеральных и органических удобрений;

– способы и технологию внесения удобрений;

уметь:

– правильно проводить отбор проб почв, удобрений и растений для агрохимических анализов, проводить анализ почв на основные агрохимические показатели;

– профессионально использовать полученные знания по агрохимическому анализу растений, почв и удобрений в практике рационального применения удобрений под сельскохозяйственные культуры;

– пользоваться агрохимическими картограммами, паспортами хозяйств;

– осуществлять экспресс-диагностику питания сельскохозяйственных культур и распознавание удобрений;

– различать виды и формы удобрений;

– производить расчет доз удобрений и химических мелиораторов;

– разрабатывать систему применения удобрений в различных севооборотах;

– проводить корректировку доз удобрений и обеспечивать их эффективное и экологически безопасное применение;

владеть:

– навыками получения, обработки и анализа экспериментальных данных об агрохимических показателях почв,

– навыками разработки подходов для оптимизации почвенного плодородия и повышения эффективности растениеводства путем рационального применения удобрений под сельскохозяйственные культуры.

Лабораторный практикум помогает обучающимся по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия организовать свою работу в лаборатории, самостоятельно выполнять задания по расчетам системы удобрения, что позволит в более полной мере освоить дисциплину «Агрохимия».

1 СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

При освоении курса «Агрохимия» студент должен научиться работать на лекционных и лабораторных занятиях, а также организовать самостоятельную внеаудиторную деятельность.

При изучении дисциплины «Агрохимия» предусматривается практикум, включающий в себя лабораторные занятия 44 ч в очной форме обучения и 14 ч – в заочной. В таблице 1 определены темы лабораторных работ, выполняемых в рамках практикума, и объемы занятий.

Таблица 1 – Темы и объемы лабораторных работ по дисциплине «Земледелие»

№ занятия	Темы лабораторных занятий	Кол-во часов форма обучения	
		очная	заочная
1	Техника безопасности, общие правила работы в агрохимической лаборатории и методы анализа	2	1
2	Определение обеспеченности растений питательными веществами по внешним признакам	6	4
3	Определение pH водной и солевой вытяжек потенциометрическим методом и расчет потребности почв в известковании	6	2
4	Определение гидролитической кислотности почвы и расчет извести	6	2
5	Распознавание минеральных удобрений по внешним признакам и качественным реакциям	8	4
6	Распознавание органических удобрений, определение влажности и степени разложения подстилки	8	1
7	Ионометрический экспресс-метод определения нитратного азота	4	–
8	Определение качества воды	4	–
Итого по дисциплине		44	14

Лабораторные работы по всем разделам дисциплины, выполняются по следующему плану: 1. Домашняя подготовка к работе с использованием лекций, учебников, практикума и иных источников; 2. Выполнение лабораторной работы; 3. Оформление ее результатов в соответствии с заданием; 4. Сдача оформленной работы преподавателю.

В случае пропуска занятия, независимо от причины пропуска, необходи-

мо его отработать по предварительному согласованию с преподавателем.

После завершения подготовки работы, не заглядывая в учебник, студент проверяет свои знания, ответив на вопросы для самоконтроля, приведенные в конце каждой лабораторной работы.

По окончанию каждой лабораторной работы оформляется отчет, на основании которого проводится защита работы (цель – оценка уровня освоения учебного материала). Результаты защиты лабораторных работ учитываются при промежуточной и итоговой аттестации по дисциплине.

СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторная работа № 1
ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ, ОБЩИЕ ПРАВИЛА РАБОТЫ В АГРОХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Цель работы. Изучить технику безопасности, правила работы в агрохимической лаборатории и методы анализа, применяемые в агрохимии.

Материалы и оборудование. Практикум по агрохимии; методические указания по агрохимии; вспомогательная литература; приборы и оборудование агрохимической лаборатории.

Задание. Студенты изучают технику безопасности и правила работы в лаборатории, а также порядок отбора проб, анализа образцов и приборы физико-химического анализа. Конспектируют основные понятия под руководством преподавателя и отвечают на контрольные вопросы.

Методические указания. Создание необходимых условий работы в учебных агрохимических лабораториях, строгое соблюдение правил техники безопасности и методики проведения анализа являются основной предпосылкой предупреждения несчастных случаев.

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.

Без преподавателя или лаборанта и в верхней одежде в лабораторию входить не разрешается. Все личные вещи, не являющиеся необходимыми для выполнения работы, убирать в специально отведенное место. В агрохимической лаборатории студенты должны работать в спецодежде (халатах). В лаборатории запрещается принимать пищу и хранить продукты питания.

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, порядок работы с ним.

При подготовке к работе составляют конспект с указанием значения выполняемого анализа, принципа метода, технологии его выполнения (последовательность выполнения отдельных операций) и способа расчета полученных результатов.

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. Нельзя загромождать рабочее место посторонними предметами. Необходимые для проведения текущего анализа материалы, оборудование, реактивы располагают так, чтобы исключить возможность случайно задеть их.

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

Нужно помнить, что большинство агрохимических анализов количественные, малейшая неаккуратность в работе и нарушении методики приводит к искажению результатов. Работа требует тишины и неторопливых четких действий. Записи нужно вести аккуратно и разборчиво, чтобы можно было легко разобраться при проверке результатов анализа. Результаты измерений записывают с максимальной точностью, которую позволяет снять шкала прибора. Все результаты анализа, расчеты и выводы записывают только в предназначенную для этих целей рабочую тетрадь. Записи на отдельных листах бумаги не разрешаются.

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, так как это приводит к порче растворов.

Большинство приборов агрохимической лаборатории питаются от электрической цепи 220 В, это напряжение может быть смертельны для человека. Перед включением прибора убедитесь, что он заземлен, электрошнур, вилка, и розетка не имеют повреждений.

Влажная кожа обладает большей электропроводимостью, чем сухая, поэтому нельзя включать электроприборы мокрыми руками и проливать жидкость вблизи приборов.

Если чувствуется запах жженой резины или пластмассы, необходимо выключить прибор и предупредить преподавателя или учебно-вспомогательный персонал.

Если возник пожар от электроприборов, необходимо отключить напряже-

ние и только потом тушить пожар песком, сухим огнетушителем, брезентом.

Кроме электрических, в лаборатории используются и газовые приборы. Перед зажиганием горелки необходимо проверить подводящий газ шланг, герметичность крана и только после этого зажечь горелку. Запрещается оставлять включенные приборы без присмотра и ставить сосуды с огнеопасными жидкостями близко к ним.

Химическая посуда, используемая для проведения анализов, должна быть чистая, высушенная. На стенках не должно быть следов от испарившихся капель.

При работе с кислотами и щелочами нужно соблюдать ряд правил. Переливание концентрированных кислот и щелочей осуществляют только в вытяжном шкафу. Переливают концентрированные кислоты и щелочи из больших бутылей очень осторожно, стараясь не разбрызгивать. Если кислота или щелочь прольется на пол, ее сразу же засыпают песком, который выносят из помещения. Облитое место промывают раствором соды, если была разлита кислота, или слабым раствором кислоты, если была разлита щелочь.

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

При смешивании жидкостей, взаимодействие которых вызывает сильное разогревание, необходимо соблюдать осторожность, так как раствор может закипеть и разбрызгаться. Например, при разведении концентрированной серной кислоты следует приливать кислоту в воду (а не наоборот) небольшими порциями и постоянно помешивая раствор, избегая чрезмерного нагревания его.

Кислоты нагревают только в вытяжном шкафу при опущенной шторе.

При определении запаха вещества нельзя подносить к носу сосуд с веществом, его следует держать на расстоянии, направляя к носу небольшое количество паров вещества легким движением руки.

Чтобы предохранить руки от порезов, надо осторожно обращаться со стеклянными приборами и посудой. При закрывании колб пробками не следует применять больших усилий.

Запрещается бросать в раковины твердые предметы, бумагу, битое стекло, посуду, железо, цинк и т.п. При выливании в раковину растворов необходимо одновременно открывать водопроводный кран.

Для приготовления водных растворов используется дистиллированная вода, концентрация приготовления растворов не должна превышать относительную ошибку 0,1 %. Для проведения титрования нужно правильно подобрать концентрации растворов и выполнить все операции аккуратно, постоянно следя за изменением окраски раствора.

К работе в химической лаборатории допускаются обучающиеся, прошед-

шие полный инструктаж, что оформляется соответствующей записью в специальном журнале по технике безопасности и закрепляется подписями студентов и лиц, проводивших инструктаж.

При агрохимических исследованиях анализу подвергается почва, удобрения, растения, корма, вода и т. д. Поэтому важно отобрать образцы и пробу так, чтобы она характеризовала весь объем материала. Из нее отбирается лабораторная проба, предназначенная для лабораторных исследований. Порядок и методика отбора проб неодинаковы для разных материалов.

Количественное содержание той или иной составной части исследуемого материала рассчитывается на сухое вещество. Поэтому определение гигроскопической влаги проводится параллельно основному анализу.

В агрохимии большинство анализируемых растворов с малым содержание определяемого вещества, поэтому широко применяются инструментальные методы физико-химического анализа:

1. Колометрические методы, основанные на сравнении окраски растворов разных концентраций с помощью фотоэлектроколориметров.

2. Пламенно-фотометрические методы основаны на измерении интенсивности излучения элементов в пламени. С помощью пламенных фотометров замеряется интенсивность излучения элемента, возбужденного пламенем горящего газа.

3. Потенциометрические методы основаны на измерении электродного потенциала в электрохимических цепях. Для определения активной концентрации исследуемого иона достаточно измерить ЭДС электрохимической цепи, составленной из избирательного электрода и электрода сравнения. Приборы называются потенциометрами.

4. Кондуктометрические методы, основанные на измерении электропроводимости раствора солей разной концентрации.

Контрольные вопросы.

1. *Каковы меры безопасности при работе с электроприборами?*
2. *Каковы меры безопасности при работе с газом?*
3. *Каковы меры безопасности с химическими реактивами?*
4. *Как правильно отобрать лабораторную пробу?*
5. *Как готовятся рабочее место и химическая посуда к анализу?*
6. *Какие методы физико-химического анализа вы знаете?*
7. *Принцип потенциометрического определения концентрации ионов?*

Лабораторная работа № 2
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ РАСТЕНИЙ ПИТАТЕЛЬНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ

Цель работы. Научиться, по внешним признакам растений, определять потребность их в элементах питания.

Задание. Студенты определяют признаки голодания растений элементами питания, зарисовывают их и принимают решение в каждом конкретном случае по устранению голодания.

Методические указания. Растения растут, развиваются и дают урожай только при наличии в почвенном растворе всех необходимых элементов питания и оптимальном сочетании других факторов жизни.

Недостаток того или иного элемента приводит к нарушению физиологических процессов, что можно визуально обнаружить по внешним признакам.

Умение распознавать в производственных условиях недостаток элемента питания, особенно на ранней стадии развития растения, позволяет оперативно принять необходимые меры, выправить ситуацию и получить урожай.

При запоздании определения положение исправить очень трудно, а иногда уже невозможно.

Признаки недостатка азота. Азот входит в состав аминокислот, из-за его недостатка тормозится синтез белков. Растения замедляют рост, мельчают листья и цветки, отмечается светло-зеленая окраска, пожелтение листьев. Желтеют более старые листья, а при недостатке железа наоборот желтеют молодые листья. Затем идет ускоренное засыхание и опадание листьев, ускоряется созревание урожая, но сильно уменьшается его масса. Плоды осыпаются, мельчают, мякоть становится плотная.

У косточковых пород наблюдается покраснение коры веток.

По растениям-индикаторам можно судить о наличии азота в почве. К таким растениям относятся: картофель, капуста, кукуруза, смородина, щирица загнутая, огурцы, черная смородина, белокочанная и цветная капуста, слива, яблоня.

У таких сельскохозяйственных культур, как пшеница, рожь, ячмень, овес, при остром недостатке азота кущение слабое, листья бледно-зеленые, вновь появляющиеся листья короче предыдущих, стебли тонкие и короткие.

У картофеля – слабый рост листьев и стеблей, светло-зеленая окраска, листья нижних ярусов теряют хлорофилл по краям, желтеют и опадают.

При азотном голодании могут происходить следующие процессы:

– стебли растений становятся одревесневшими;

– листья располагаются под острым углом к стеблю;

– количество цветков уменьшается, и они опадают;

– плоды имеют небольшой размер и несоответствующую окраску;

– весь срок вегетации происходит быстрее обычного.

Азотное голодание культурных растений чаще бывает на подзолистых, песчаных почвах с небольшим содержанием гумуса, чрезмерно кислых, при низкой температуре (особенно в ранневесенний период, когда тормозится микробиологическая деятельность по разложению органики и образованию нитратов).

Признаки недостатка фосфора. Фосфор очень важный элемент в жизни растения. Он отвечает за энергетический обмен, наследственность и его недостаток невозможно компенсировать позже даже высоким содержанием в почвенном растворе.

Темно-зеленая с фиолетовым и голубым оттенком окраска измельчавших листьев по сравнению с нормально развитыми растениями; образование на листьях красно-фиолетовых пятен; отмирание тканей по этим пятнам; подвержены поражению нижние листья. Замедляется наступление фаз цветения, уменьшается количество плодов и семян, края листьев закручиваются.

Растения низкорослые. Кущение (или ветвление) слабое, листья уменьшаются в размерах, становятся узкими, приподнятыми.

У деревьев наблюдается ранний листопад, засыхающие листья становятся практически черными.

Для фосфора есть свои растения-индикаторы: турнепс, томаты, брюква, крыжовник, яблоня.

У злаковых замедляется рост, темно-зеленые листья отмирают с верхушки. Недостаток фосфора чаще проявляется на тяжелых почвах по гранулометрическому составу при отрицательном его балансе в течение нескольких лет, а также на карбонатных почвах.

Фосфор необходимо вносить заранее или при посеве в рядки. Это дает очень высокую окупаемость фосфора репродуктивной частью урожая.

Признаки недостатка калия. Калий находится в растении в ионной форме и не входит в органическую часть клетки. Физиологические функции разнообразны, способствует обмену веществ, повышает активность ферментов, оводнённость коллоидов. При дефиците калия в почве края и кончики нижних листьев буреют, пластинка заворачивается вниз, междоузлия укорачиваются, стебли тонкие и полегают.

Растения – индикаторы на дефицит калия: картофель, свекла, капуста, фасоль, крыжовник, красная смородина, яблоня.

При скудном питании калием в растении происходит его перераспределение: из старых органов он переходит в более молодые, способствуя их развитию. Признаки недостатка обычно заметны, бывают в середине вегетации, в пе-

риод сильного роста растений. При недостатке калия окраска листьев голубовато-зеленая, тусклая, часто с бронзовым оттенком. Наблюдается пожелтение, а в дальнейшем побурение и отмирание кончиков и краев листьев (краевой «ожог» листьев). Развивается бурая пятнистость особенно ближе к краям. Края листьев закручиваются, наблюдается морщинистость. Жилки кажутся погруженными в ткань листа. Стебель тонкий, рыхлый, полегающий. Недостаток калия вызывает обычно задержку роста, а также развития бутонов или зачаточных соцветий. Листья вянут и поникают, по краям светло-зеленые пятна, затем коричневые.

У картофеля темно-зеленая окраска листьев, их куполообразность, морщинистость, мелкие коричневые пятнышки придают им бронзоватый оттенок, затем лист буреет от верхушки и краев к середине и засыхает. На верхушке сохраняется пучок темно-зеленых листьев.

Чаще всего калийное голодание растений наблюдается на песчаных почвах, супесчаных и торфяно-болотных. Произвесткованные почвы труднее отдают калий растениям.

При избытке калия листья приобретают более темный оттенок, а новые листья мельчают. Избыток калия приводит к затрудненному усвоению таких элементов как кальций, магний, цинк, бор и др.

Недостаток серы. Сера входит в состав белков, витаминов, необходима для нормального роста и развития растения.

При недостатке серы образуются мелкие, со светлой желтоватой окраской листья на вытянутых стеблях, ухудшаются рост и развитие растений. У плодовых культур листья и черешки становятся деревянистыми. В отличие от азотного голодания при серном голодании желтеют верхние листья растения и не опадают, хотя имеют бледную окраску. Недостаток серы проявляется в замедлении роста стеблей в толщину.

При избытке серы листья постепенно желтеют с краев и скукоживаются, подворачиваясь внутрь. Затем буреют и отмирают. Иногда листья принимают не желтый, а сиреневато-бурый оттенок.

Признаки недостатка магния. Магний входит в состав хлорофилла и при его недостатке затруднен синтез хлорофилла. При недостатке магния наблюдается характерная форма хлороза – у краев листа и между жилками зеленая окраска изменяется на желтую, красную, фиолетовую. Между жилками в дальнейшем появляются пятна различного цвета вследствие отмирания тканей. При этом крупные жилки и прилегающие к ним участки листа остаются зелеными. При дальнейшем голодании признаки распространяются с нижних листьев к верхним.

У плодовых растений наблюдается ранний листопад, начинающийся с нижних побегов даже летом, и сильное опадение плодов. У садовой земляники недостаток магния также можно определить по изменению окраски листьев.

При очень сильном магниевом голодании листья ягодников преждевременно засыхают. При избытке магния, у растения начинают отмирать корни, растение перестает усваивать кальций, и наступают такие симптомы, которые характерны при недостатке кальция.

Растения – индикаторы на недостаток магния: картофель, капуста, крыжовник. Дефицит магния чаще отмечается на песчаных и супесчаных дерново-подзолистых почвах, красноземах. Магниевое голодание может быть ослаблено известкованием почвы и внесением нитратных форм азотных удобрений.

Признаки недостатка бора. Бор необходим для синтеза углеводов, усиливает процессы цветения и оплодотворения.

При недостатке бора приостанавливается рост побегов, желтеет верхняя часть стебля с последующим потемнением и отмиранием; новые побеги снова отмирают от точки роста, что придает растению кустовую форму; цветки, плоды и семена образуются слабо или вообще не образуются, могут опадать завязи. Недостаток бора лучше обнаружить на льне, турнепсе, брюкве, цветной капусте, томатах, бобовых, плодово-ягодных культурах.

У свеклы отмирают зачатки молодых листьев и точка роста (гниль сердечка). У томата наблюдается почернение точек роста.

Обычно недостаток бора бывает на торфяно-болотных, карбонатных или переизвесткованных подзолистых и дерново-подзолистых почвах.

Недостаток бора. Проявляется в посветлении верхушек и верхних молодых листьев, отмирании точек роста, снижении урожая семян.

Недостаток молибдена. Молибденовое голодание вызывает ослабление зеленой окраски листьев вследствие нарушения азотного обмена. У бобовых меняется окраска всего листа, у других культур появляются светлые пятна. При сильном недостатке молибдена хлорозные ткани отмирают, листья искривляются.

Признаки недостатка меди. Медь играет специфическую роль в жизни растений: регулирует фотосинтез и концентрацию образующихся в растении ингибиторов роста, водный обмен и перераспределение углеводов, входит в состав ферментов, повышает устойчивость к полеганию.

Недостаток меди вызывает у растений задержку роста и цветения, хлороз листьев, потерю упругости клеток (тургора) и увядание растений. Известкование почв увеличивает поглощение меди почвенными частицами и снижает ее доступность для растений. Избыток меди также чрезвычайно вреден для растения. Проявляется он в том, что растение тормозится в развитии, на листьях появляются бурые пятна, и они отмирают. Начинается процесс с нижних более старых листьев.

Листья выглядят вялыми, закручиваются внутрь в трубочку, белеют на кончиках. Молодые листья мельчают, приобретают сине-зеленый оттенок. По-

беги становятся слабыми, цветы сбрасываются.

При ее недостатке злаковые культуры приобретают бледно-зеленую окраску, усиленно кустятся, белеют кончики листьев, меньше образуется колосьев и метелок, изгибаются колосья, скручиваются листья, наблюдается пустозёрность, зерно щуплое.

Признаки в большей степени выражены на молодых частях растений.

Чаще всего недостаточность меди наблюдается на торфяно-болотных почвах, песчаных подзолистых и дерново-подзолистых, реже на кислых песчаных почвах. В жаркое время года медное голодание усиливается.

Признаки недостатка цинка. Цинк необходим всем растениям, особенно плодовым. Как и другие микроэлементы, цинк играет важную роль в белковом, углеводном и фосфорном обмене, в биосинтезе витаминов и ростовых веществ (ауксинов).

При дефиците цинка в растениях задерживается образование сахарозы, крахмала и ауксинов, нарушается образование белков, вследствие чего в них накапливаются небелковые соединения азота, и нарушается фотосинтез.

Это ведет к подавлению процесса деления клеток и влечет за собой морфологические изменения листьев (деформацию и уменьшение листовой пластинки) и стеблей (задержку роста междоузлий), т. е. к торможению роста растений. Симптомы недостатка цинка развиваются на всем растении или локализованы на более старых нижних листьях.

Вначале на листьях нижних и средних ярусов, а потом и на всех листьях растения, появляются разбросанные пятна серо-бурого и бронзового цвета. Ткань таких участков как бы проваливается и затем отмирает. Молодые листья ненормально мелки и покрыты желтыми крапинками или же равномерно хлоротичны, принимают слегка вертикальное положение, края листьев могут закручиваться кверху. У плодовых деревьев на концах ветвей образуются укороченные побеги с мелкими листьями, расположенными в виде розетки (так называемая «розеточность»), а при сильном дефиците появляется «суховершинность».

Проявляется на карбонатных и других почвах, при внесении фосфорных удобрений.

Признаки недостатка железа. Происходит потеря зеленой окраски молодых листьев.

Хлороз листьев развивается при недостатке разных элементов и визуально установить, недостатком какого из них он вызван, бывает затруднительно. Необходимо учитывать также почвенные условия, проводить подкормку раствором удобрения, содержащим предполагаемый недостающий элемент. Обычно через несколько дней после подкормки признаки голодания исчезают.

Чаще всего недостаток железа растения испытывают на карбонатных

почвах в засушливой зоне.

Признаки недостатка молибдена. Молибден необходим растениям в еще меньших количествах, чем бор, марганец, цинк и медь. Он преимущественно накапливается в молодых растущих органах, входит в состав ферментов, регулирующих азотный обмен в растениях, участвует в синтезе нуклеиновых кислот (РНК и ДНК) и витаминов и регулирует фотосинтез и дыхание.

При слабом недостатке появляется желтая или бледно-коричневая окраска, или некротические пятна. При сильном недостатке хлорозная ткань отмирает. У крестоцветных окраска зеленая или зелено-синяя, листовая пластинка искривляется и редуцируется. Точка роста и сердечко отмирают. Цветение и образование семян замедляются. Уменьшаются величина, количество и изменяется цвет клубеньковых бактерий.

При недостатке молибдена в растениях нарушаются многие процессы жизнедеятельности, в тканях растений накапливаются нитраты, что особенно опасно при избыточном применении азотных удобрений (включая навоз): чем выше дозы применяемых азотных удобрений, тем больше потребность растений в молибдене. Внешние признаки дефицита молибдена для растений сходны с азотным голоданием: тормозится рост растений, листья приобретают бледно-зеленую окраску, деформируются и преждевременно отмирают. Листья светлеют, желтеют, края закручиваются вверх. Появляются желтые крапинки между жилками листа, сами жилки не затрагиваются.

Вновь развивающиеся листья вначале зеленые, но по мере роста становятся крапчатыми. У растений возникает хлороз между жилками (желтоватая и палевая окраска). Жилки остаются зелеными, и лист приобретает узорчатый пестрый вид. Затем хлорозная ткань отмирает с появлением пятен. У листьев с сетчатым жилкованием они округлые, у листьев с параллельным жилкованием – удлиненные. Участки хлоротичной ткани впоследствии вздуваются, края листьев закручиваются внутрь; вдоль краев и на верхушках листьев развивается некроз. Большие дозы молибдена весьма токсичны для растений, поэтому содержание даже 1 мг молибдена в 1 кг сухой массы продукции вредно для человека и животных.

Признаки недостатка марганца. Марганец содержится в гумусовом слое и илистой фракции почвы. В кислых почвах он присутствует в виде малоподвижной двухвалентной плоходоступной для растений форме. Подвижность марганца увеличивается при внесении аммиачных удобрений.

Недостаток марганца проявляется в виде точечных хлорозов, переходящих в некрозы на молодых листьях, при избытке – на старых.

Марганцевое голодание часто отмечается на овсе, пшенице, картофеле, кукурузе, столовых и кормовых корнеплодах, капусте, бобовых,

подсолнечнике, плодово-ягодных, цитрусовых и овощных культурах. Так, у овса отмечается серая пятнистость листьев, у сахарной свеклы – пятнистая желтуха.

Избыточное содержание марганца устраняют известкованием или высокими дозами железа.

Признаки недостатка марганца обнаруживаются чаще у свеклы, картофеля, капусты, плодовых культур на карбонатных и торфяных почвах.

Недостаток кальция. Недостаток кальция увеличивает синтез фенольных соединений. Повышается проницаемость клеточной мембраны, что приводит к оттоку ионов из клетки и дальнейшему нарушению структуры ядра, уменьшению стабильности хромосом. Особенно кальций важен для меристемной ткани и ее дифференцировки, направленного действия фитогормонов.

Нарушение кальциевого питания растений часто является причиной непаразитических болезней.

Кальций накапливается в вегетативных органах и в ограниченном количестве в плодах. Его содержание в плодах и запасающих органах уменьшается при сниженной транспирации, однако высокая транспирация не гарантирует достаточное снабжение растений кальцием и водой.

Недостаток кальция увеличивает накопление нитратов в тканях растения. Прежде всего, страдают апикальная меристема, побег и корень, цветки и плоды. Старые листья приобретают темно-зеленую окраску, затем желтеют и отмирают. Корни остаются короткими, ослизняются, приобретают коричневый оттенок и отмирают. У верхних, молодых листьев сначала белеет кончик, а при больших нарушениях поражается края.

При пониженной транспирации снижение поступления кальция приводит к надламыванию побега внешне нормальных и интенсивно развивающихся растений.

У плодовых растений при увеличении соотношения аммонийного азота и кальция происходит отмирание цветов, повышенное содержание калия усиливает этот процесс. При содержании кальция в листьях менее 3,0 %, а в плодах менее 0,15 %, начинается подвядание цветков.

Достаточное содержание кальция в листьях и плодах не является гарантией оптимальности условий дальнейшего роста растений. Кальций должен находиться в виде свободных ионов в почвенном растворе. Потребность в нем возрастает при увеличении освещенности.

При недостатке кальция корни растений слабо ветвятся, укорачиваются и ослизняются. Кальциевое голодание встречается на кислых почвах.

Избыток кальция встречается редко, как результат нарушения питательного режима при известковании. Одновременно может отмечаться недостаток калия, бора, марганца, цинка, меди, иногда магния, и избыток –

хлоридов и сульфатов. В таких случаях для сохранения плановых урожаев увеличивают дозы всех элементов, предусматривают применение физиологически кислых удобрений.

Контрольные вопросы

1. *Каковы внешние признаки азотного голодания растений и мероприятия по его устранению?*
2. *Почему фосфор необходимо вносить заранее?*
3. *Каковы признаки калийного голодания и как помочь растениям?*
4. *Каковы признаки магниевого голодания?*
5. *Как изменяются растения при недостатке бора и как устранить его дефицит?*
6. *Как у растений проявляется медное голодание?*

Лабораторная работа № 3
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РН ВОДНОЙ И СОЛЕВОЙ ВЫТЯЖЕК ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ И РАСЧЕТ ПОТРЕБНОСТИ ПОЧВ В ИЗВЕСТКОВАНИИ

Цель работы. Научиться определять pH водной и солевой вытяжек и рассчитывать потребность известкования почв.

Материалы и оборудование. Почвенные образцы; pH-метр; весы; набор сит; фарфоровые ступы; стеклянные палочки; химические колбы на 100 и 150 мл; химические стаканы на 100–150 мл; стеклянные воронки; фильтровальная бумага; мерный цилиндр на 100–150 мл; дистиллированная вода; 1,0 Н раствор KCL (pH 5,5–6,0), насыщенный раствор KCL, электроды.

Задание. Студент отвешивает 20–30 г воздушно-сухой почвы, помешает её в химический стакан и добавляет воду или 1,0 Н KCL (при этом соотношение почва: жидкость равно 1:2,5). Содержимое перемешивается 1–2 мин и фильтруется.

Готовит прибор и электроды к работе. Прибор прогревается, электрод заливается насыщенным раствором KCL, ополаскивается дистиллированной водой

Проводит калибровку прибора по буферным растворам с помощью ручек «Калибровка» и «Крутизна», поочередно меняя буферные растворы и ополаскивая электроды водой.

Измеряет pH водной и солевой вытяжек почв, записывает результаты и рассчитывает необходимую дозу извести для создания благоприятной кислотности почвы, заданной сельскохозяйственной культуры или севооборота (таблицы

2, 3).

Таблица 2 – Оптимальные значения pH для сельскохозяйственных культур

Озимая пшеница	6,3–7,6	Озимая рожь	5,0–7,5
Ячмень	6,0–7,5	Овес	5,0–7,5
Картофель	5,0–5,5	Капуста	7,0–7,4
Лен	5,5–6,0	Свекла сахарная	7,0–7,5
Редис и репа	5,5–7,5	Морковь	5,5–7,0
Огурец	6,0–7,9	Бобы, клевер	6,0–7,0
Люцерна	7,2–8,0	Люпин	4,6–6,0

Таблица 3 – Ориентировочные дозы извести (CaCOз) в зависимости от обменной кислотности и механического состава почвы, т/га

Гранулометрический состав почвы	pH					
	<4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4-5,5
Супесчаная	5,0	3,5	2,5	2,0	1,5	1,0
Суглинки легкие	6,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5
Суглинки средние и тяжелые	8,0	6,5	5,0	4,5	4,0	3,5

Методические указания.

Следует пересчитать гектарную дозу извести $CaCO_3$ в фактическую, указанного преподавателем известкового удобрения, таблица 4.

$$X = \frac{a \cdot (100 + c)}{в}, \text{ где}$$

где X – доза известкового удобрения, т/га; а – доза $CaCO_3$, т/га; в – содержание действующего вещества в удобрении, %; с – влажность известкового материла, %.

Таблица 4 – Результаты определений и расчетов

№ образца	Почва	pH в		Доза $CaCO_3$ (а), т/га	Содержание $CaCO_3$ в удобрении (в), %	Влажность удобрения (с), %	Доза известкового удобрения (х), т/га
		H_2O	KCL				

Контрольные вопросы.

1. *Как влияет кислотность на свойства почвы и рост растений?*
2. *Какова природа кислотности почвы?*
3. *Как определяется доза известкового удобрения и от каких факторов она зависит?*
4. *В чем разница актуальной и обменной кислотности?*

Лабораторная работа № 4
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОЛИТИЧЕСКОЙ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВЫ И РАСЧЕТ ДОЗЫ ИЗВЕСТИ

Цель работы. Научиться определять гидролитическую кислотность и рассчитывать по ней дозы извести.

Материалы и оборудование. Почвенные образцы; весы; сито с отверстиями диаметром 2 мм; пипетка на 50 мл; конические колбы на 150–200 мл и на 250–300 мл; бюретка; мерный цилиндр на 100 мл; стеклянные воронки; фильтровальная бумага; стеклянные палочки; встряхиватель или электромеханическая мешалка; 1н CH_3COONa, фенолфталеин 1%-ный спиртовой раствор; 0,1 н NaOH.

Сущность метода. Ацетат натрия (CH_3COONa) вытесняет из почвенно-поглощающего комплекса ионы водорода, обуславливающие обменную и гидролитическую кислотность. Водород обменивается на натрий и образуется свободная уксусная кислота, которую титруют щелочью. По количеству щелочи, пошедшей на титрование, судят о величине гидролитической кислотности почвы.

Задание. Студент отвешивает 40 г почвы, измельченной и просеянной через сито с диаметром отверстий 2 мм, помещает в колбу 250–300 мл и приливает 100 мл 1н CH_3COONa. Содержимое колбы перемешивается в течение 1 ч. Фильтруется, набирается пипеткой 50 мл и переносится в коническую колбу на 150–200 мл, добавляют 2–3 капли фенолфталеина и титруют 0,1 н раствором щелочи до неисчезающей в течение 1 мин слабо-розовой окраски. Количество пошедшей на титрование щелочи записывается и по формуле ведется расчет гидролитической кислотности (Нг) в мг.экв на 100 г почвы (формула (1)).

$$Нг = \frac{a \cdot 1{,}75 \cdot 100}{10н}, \qquad (1)$$

где а – количество 0,1н щелочи, мл; н – навеска почвы, соответствующая объему фильтрата, пошедшего на анализ, г.

Методические указания. По гидролитической кислотности можно определить дозу извести, необходимую для нейтрализации всей почвенной кислотности.

Расчет можно сделать по формуле (2):

$$X = \frac{Hг \cdot 10B \cdot 50}{1000000000} = Hг \cdot 1{,}5, \qquad (2)$$

где X – доза $CaCO_3$, г/га; Нг – гидролитическая кислотность, мг экв. на 100 г почвы; В – масса пахотного горизонта на 1 га, кг (3000000кг); 50 – количество мг $CaCO_3$, соответствующее 1 мг экв. $CaCO_3$; 10 – коэффициент для перехода от 100 г к 1 кг.

Известковые удобрения содержат разное количество $CaCO_3$, имеют неодинаковое количество частиц более 1мм, различную влажность. Все это необходимо учитывать при переводе дозы $CaCO_3$ в физическую массу извести (формула 3).

$$Д = X\left(\frac{100 - B}{100}\right)\left(\frac{100 - K}{100}\right)\left(\frac{Дв}{100}\right), \qquad (3)$$

где Д – доза известкового удобрения, т/га физической массы; В – влажность удобрения, %; К – количество частиц более 1 мм, %; Дв – действующее вещество, %.

Установленную дозу известкового удобрения необходимо скорректировать с учетом возделываемых культур или севооборота и гранулометрического почвы.

Например, для льняных и картофельных севооборотов на легких почвах доза снижается, а в овощных севооборотах и на лугах увеличивается в 1,3–2 раза.

Контрольные вопросы.

1. Как влияет повышенная кислотность на свойства почвы и растения?

2. Каковы сроки и способы внесения известковых удобрений?

3. Чем отличаются актуальная, обменная и гидролитическая кислотности почвы?

Лабораторная работа № 5
РАСПОЗНАВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ И КАЧЕСТВЕННЫМ РЕАКЦИЯМ

Цель работы. Научиться распознавать минеральные удобрения по внешним признакам и качественным реакциям.

Материалы и оборудование. Образцы минеральных удобрений; штативы с пробирками; стеклянные палочки; древесный уголь; горелка или спиртовка; щипцы; пинцеты; шпатели; фарфоровые чашки; пипетки; растворы: 10 % HCL; 1 % $AgNO_3$; 10 % $BaCL_2$; 10 % NaOH; 5 % HNO_3; дифиниламин

$(C_6H_5)NH$; методические указания по агрохимии; справочник по удобрениям.

Задание. Студент получает два-три вида зашифрованного минерального удобрения и, пользуясь коллекцией образцов минеральных удобрений, реактивами и оборудованием, точно определяет удобрения и записывает их химическую формулу. Далее описывает все минеральные удобрения коллекции, их отличительные признаки и качественные реакции, заполняет таблицу.

Методические указания. Результаты проведённых реакций заносятся в таблицу 5. По внешним признакам подразделяют удобрения на кристаллические, порошковидные и гранулированные. По растворимости в воде на растворимые и труднорастворимые. 1–2 г удобрения растворяют в десятикратном количестве дистиллированной воды и разливают на 3 пробирки. В четвёртую пробирку насыпают щепотку сухого удобрения.

В первой испытывают на реакцию со щелочью. Если в формуле удобрения присутствует NH^{4+}, то будет ощущаться запах аммиака, лучше при нагревании.

Во вторую пробирку добавляют 2–3 капли $BaCL_2$. Белый осадок укажет на присутствие SO_4^{2-}.

В третьей пробирке испытывают удобрения с $AgNO_3$, если образуется желтый осадок – наличие $P0_4^{3-}$, если белый – CL^-.

В четвертую пробирку добавляют HCL, вскипание укажет на наличие Ca^{2+} и CO_3^{2+}.

На раскаленном до красного цвета угле щепотка удобрения вспыхивает – это селитры. Натриевая селитра дает желтую вспышку, калиевая – фиолетовую.

Если удобрение плавится и чувствуется запах аммиака, то это мочевина или кальциевая селитра. Если потрескивает – калийные соли. Фосфорные удобрения на раскаленном угле не изменяются таблица 6.

Реакция с дифиниламином выявляет наличие нитрат-иона. Раствором удобрения смачивается фарфоровая чашка, добавляется 1–2 капли дифениламина. Синее окрашивание указывает на наличие NO_3.

Таблица 5 – Результаты проведённых реакций

Группа удобрений	Вид	Формула	Содержание действующего вещества, %	Внешние признаки	Характерные реакции	Поведение на угле	Примечание

Таблица 6 – Внешние признаки и качественные реакции основных минеральных удобрений

Удобрения	Формула	Реакция				Поведение на раскаленном угле	Внешние признаки
		NaOH	$BaCl_2$	$AgNO_3$	HCl		
Аммиачная селитра	NH_4NO_3	+	–	–	–	Вспышка, NH_3	Белое в гранулах, хорошо растворимо
Сульфат аммония	$(NH_4)_2SO_4$	+	+	–	–	NH_3	Белый кристаллический порошок, хорошо растворимо
Мочевина	$CO(NH_2)_2$	–	–	–	–	Плавится, NH_3	Белое гранулированное, хорошо растворимо, мыльное
Хлористый аммоний	NH_4Cl	+	–	+	–	NH_3	Белые кристаллы
Хлористый калий	KCl	–	–	+	–	Потрескивает	Белые или розовые мелкие кристаллы
Сернокислый калий	K_2SO_4	–	+	–	–	Потрескивает	Белые кристаллы
Калийная соль	KCl+NaCl	–	–	+	–	Потрескивает	Розовые или серые кристаллы
Аммофос, диаммофос	$NH_4H_2PO_4$ $(NH_4)_2HPO_4$	+	–	+	–	Плавится, NH_3	Серые гранулы
Нитрофоска, нитроаммофоска	–	+	–	+	–	Плавится, NH_3	Серо-розовые гранулы
Суперфосфат	$Ca(H_2PO_4)_2$	–	–	+	+	Не изменяется	Серые гранулы
Фосфоритная мука	$Ca_3(PO_4)_2$	–	–	–	–	Не изменяется	Серый порошок
Известняк	$CaCO_3$	–	–	–	+	Не изменяется	Белесого цвета порошок
Гипс	$CaSO_4xH_2O$	–	+	–	–	Не изменяется	Бело-серый порошок

Контрольные вопросы

1. Какие виды азотных удобрений Вы знаете, от чего зависит их агрономическая эффективность?

2. Какие виды фосфорных удобрений вы знаете, сколько они содержат действующего вещества?

3. Какие виды калийных удобрений вы знаете, какие лучше вносить под

сельскохозяйственные культуры и почему?

4. *Какие вы знаете комплексные удобрения?*
5. *Какие вы знаете известковые удобрения?*

Лабораторная работа № 6
РАСПОЗНАВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ И СТЕПЕНИ РАЗЛОЖЕНИЯ ПОДСТИЛКИ

Цель работы. Научиться распознавать органические удобрения по внешним признакам, степень разложения подстилки и влажность весовым методом.

Материалы и оборудование. Набор органических удобрений; чашки Петри; шпатели; пинцеты; бюксы; весы; сушильный шкаф; методические указания по агрохимии; справочник по удобрениям.

Задание. Студенты получают 2–3 образца зашифрованных органических удобрений и, пользуясь коллекцией удобрений, определяют их вид. Затем описывают все образцы органических удобрений. Определяют степень разложения подстилки и влажность, результаты записывают в табличную форму (таблица 7).

Таблица 7 – Форма записи результатов

Вид органического удобрения	Степень разложения	Влажность, %	Характерные признаки, цвет, запах, составляющие

Методические указания. В зависимости от степени от степени разложения подстилки и остатков корма можно выделить:

1. Свежий навоз.
2. Слаборазложившийся навоз – подстилка и кормовые остатки незначительно изменили цвет и прочность.
3. Полуперепревшийся навоз – подстилка, кормовые остатки темно-коричневого цвета, потеряли прочность и легко разрываются. Масса навоза по сравнению со свежим уменьшалась на 10–30 %.
4. Перепревший навоз – однородная масса с трудно различающими составными частями. На этой стадии теряется около половины массы от свежего навоза.
5. Перегной – черная однородная темноокрашенная масса, сыпучая, потери составляют 75 % от массы свежего навоза.

Для определения влажности взвешивается прокаленный бюкс, на 1/3 за-

полняются органическим удобрением, снова взвешиваются, высушивается при t = 104 ˚С, охлаждается в эксикаторе, взвешивается и проводится расчет влажности по формуле (1):

$$U = \frac{b}{a} \times 100, \qquad (1)$$

где U – влажность органического удобрения, %; в – испарившаяся влага, г; а – масса сырой навески, г.

Содержание воды и основных элементов питания в органических удобрениях приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Содержание воды и основных элементов питания в органических удобрениях, %

Органические удобрение	H_2O	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	SO_3
Свежий навоз на соломенной подстилке:							
– лошадей	76	0,64	0,35	0,35	0,15	0,12	0,66
– КРС	84	0,40	0,19	0,30	0,35	0,13	0,04
– свиней	82	0,50	0,41	0,26	0,09	0,10	0,04
Полуперепревший навоз КРС (8 мес.)	68	0,73	0,40	0,80	0,70	0,13	0,04
Жидкий навоз:							
– КРС	90-95	0,25	0,12	0,30	0,15	0,10	–
– свиной	90-95	0,30	0,10	0,20	0,20	0,10	–
Птичий помет (куры)	56	1,60	1,50	0,80	2,40	0,70	0,40
Компосты торфонавозные 1:1	65-75	0,60	0,18	0,30	0,20	0,10	–
Фекалии	82	0,60	0,41	0,26	0,09	0,10	0,04
Торф верховой	50	0,70	0,04	0,05	0,15	–	–
Сапропель	50	0,60-2,0	0,15	0,20	2,5-40,0	0,3-2,3	–
Солома	14	0,45	0,26	1,00	0,29	0,10	–
Зеленая масса люпина	80	0,55	0,10	0,17	0,47	0,06	–
Биогумус	60	0,80	0,80	0,90	0,20	0,40	–

Контрольные вопросы

1. *Какие органические удобрения Вы знаете?*
2. *В чем ценность органических удобрений?*
3. *На какой стадии разложения экономически более выгодно использовать навоз?*
4. *Зачем определяется влажность органических удобрений?*
5. *Назовите растения, используемые на зеленое удобрение?*
6. *Каковы особенности использования птичьего помета как удобрения?*

Лабораторная работа № 7
ИОНОМЕТРИЧЕСКИЙ ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НИТРАТНОГО АЗОТА

Цель работы. Научиться отбирать пробы, приготавливать необходимые растворы и освоить методику определения нитратного азота в почве.

Материалы и оборудование. Почвенные образцы; набор сит; весы; конические колбы на 100–150 мл; пипетка на 50 мл; фарфоровые ступки; стеклянные палочки; шпатели; фильтровальная бумага; химические стаканы на 200–250 мл; дистиллированная вода; 0,1 М раствор KNO_3, 1%-ный раствор алюмокалиевых квасцов; 0,05%-ный раствор сернокислого калия; стандартные растворы; электроды ЭМ-NO_3-01, ЭВЛ-1М3.

Сущность метода. Заключается в извлечении нитратов 1%-ным раствором алюмокалиевых квасцов или 0,05%-ным раствором K_2SO_4 при соотношении почвы к раствору 1:2,5 и последующем определении нитратов в вытяжке с помощью ионоселективного электрода. Метод используется для определения нитратов во всех почвах, кроме засоленных, в которых массовая доля иона хлорида в 50 раз и более превышает массовую долю нитратов.

Методика отбора проб. Пробы почвы анализируют в состоянии естественной влажности, но не более чем через 5 ч после их отбора, или доводят до воздушно-сухого состояния путем высушивания при температуре до 40 °С. Допускается хранение проб в состоянии естественной влажности не более двух суток при температуре 1–5 °С, после чего они должны быть проанализированы или высушены.

Пробу почвы в воздушно-сухом состоянии берут на анализ из коробки шпателем или ложкой, предварительно перемешав почву на всю глубину коробки. Из пакетов пробу высыпают на ровную поверхность, тщательно перемешивают, распределяют слоем не более 1 см и отбирают не менее чем из пяти точек.

Пробы в состоянии естественной влажности тщательно перемешивают, распределяют слоем толщиной не более 1 см на ровной поверхности и отбирают не менее чем из десяти точек пробу для анализа.

Методика приготовления растворов.

1. Алюмокалиевые квасцы $Al(SO_4)_3$ x K_2SO_2 x $24H_2O$, ч.д.а. алюмокалиевые квасцы массой 10 г взвешивают с погрешностью не более 0,1 г, растворяют в дистиллированной воде и доводят объем раствора до 1000 см^3.

2. Стандартные растворы. 0,1 М раствор KNO_3 : 10,11 г калия азотнокислого перекристаллизованного, высушенного при температуре 100-105°С до по-

стоянной массы, взвешивают с погрешностью не более 0,01 г, растворяют в 1%-ном растворе алюмокалиевых квасцов в мерной колбе вместимостью 1000 см3 и доводят объем раствора до метки. Из этого раствора последовательным десятикратным разбавлением экстрагирующим раствором готовят стандартные растворы KNO_3 с концентрацией 0,01 М, 0,001 М, 0,0001 М. Полученные стандартные растворы используют для построения калибровочного графика.

Ход анализа. Пробу сухой почвы, просеянную через сито с отверстиями 1–2 мм, или сырой почвы, просеянной через сито с отверстиями диаметром 5 мм, массой 20 г помещают в банки или конические колбы вместимостью 100 мл, добавляют 50 мл 1%-ного раствора алюмокалиевых квасцов или 0,05%-ного раствора сернокислого калия и перемешивают в течение 3 мин. В полученной суспензии нитратным ионоселективным электродом измеряют активность иона нитрата. При определении нитратов в почве с естественной влажностью одновременно отбирают навеску массой 5–10 г для определения влажности почвы.

Измерение активности иона нитрата в пробе можно проводить в pNO_3 или делать замеры в "МВ" (формула 1).

$$pNO_3 = -\lg aNO_{\bar{3}}, \qquad (1)$$

где aNO_3 – активность нитратного иона.

Следует помнить, что понятие активность (формула 2) и концентрация иона не тождественны, хотя и тесно связаны.

$$a = c \cdot f, \qquad (2)$$

где a – активность иона; c – концентрация иона; f – средний коэффициент активности.

В бесконечно разбавленных растворах, когда концентрация стремится к нулю, f = 1, а a = c.

Таким образом, мы определяем не концентрацию иона, а его активность. На практике этим моментом обычно пренебрегают. В целом ионоселективный метод является достаточно точным и благодаря использованию несложного оборудования и быстроте выполнения анализов получил широкое распространение в агрохимических исследованиях.

<u>Порядок работы на ионометре ЭВ-74.</u> На практике чаще всего определение активности нитратного иона проводят в "МВ". В этом случае нитратный электрод (для любых милливольтметров подключают к гнезду "Изм.", а хлорсеребряный вспомогательный электрод – к гнезду "Всп". До работы и в промежутках между определениями на приборе мембранный нитратный электрод ЭМ-NO_3-01 помещают в 0,1 М раствор KNO_3, Вспомогательный хлорсеребря-

ный электрод в промежутках между работой хранят в воде. Перед началом работы оба электрода на 10 мин помещают в дистиллированную воду.

Порядок работы при определении активности нитрат ионов следующий. Перед включением иономера ЭВ-74 в сеть переключатели прибора устанавливаются в положение "t" и "-1-19", после чего прибор включают в сеть и прогревают в течение 30 мин. При измерении активности NO_3 измерительный и вспомогательный электроды промывают дистиллированной водой, просушивают фильтровальной бумагой и погружают в раствор с исследуемым или образцовым раствором. Электроды не должны касаться стенок стаканчика.

Для измерения активности иона нитрата в "МВ" нажимают клавишу "МВ", включают диапазон измерения pH = -1-4, делают отсчет по средней шкале с оцифровкой "-1-4" и отсчет умножают на 100 mV. После снятия отсчета (его производят после установления стабильного положения стрелки на шкале) необходимо нажать на клавишу «t^o». При погружении электродов в стаканчик со следующим раствором нажимают клавишу "МВ", снимают отсчет и т. д. После окончания работы нажимают клавиши "t°" и "-1-19" и отключают прибор от сети.

Для нахождения активности ионов нитрата в пробах используют калибровочный график, построенный на миллиметровой бумаге. На оси абсцисс откладывают величины pNO_3, соответствующие стандартным растворам азотнокислого калия в молях: $2pNO_3$ - 10^2 м, $3pNO_3$ - 10^3, , $4pNO_3$ - 10^4, на оси ординат – ЭДС, mV.

Следует помнить, что если при измерении стандартных растворов разность показаний на приборе между двумя растворами меньше 48–50 мВ, то электрод находится в нерабочем состоянии. Электрод имеет линейную функцию в диапазоне pNO_3 1–4 с наклоном 56 + 3 мВ на единицу pNO_3. Найдя по графику значение pNO_3 для исследуемой пробы, делают расчет содержания $N – NO_3$ в пробе.

При изменении активности иона нитрата в величинах pNC-з включают клавишу "Анионы/катионы" и клавишу диапазона измерения pH = 1-4, настраивают прибор по двум стандартным растворам: pNO_3 = = 4 pNO_3 – 10^4 M KNO_3 - с помощью резистора "Калибровка", $2pNO_3$ - 10^2 M раствор KNO_3 - резистором "Температура раствора". Когда измеряют величину pNO_3, то нажимают клавишу "pX", при отключении цепи - клавишу "t". На стекле шкалы делают надписи восковым карандашом слева направо 4, 3, 2, 1 pNO_3 соответственно цифрам 0, 1, 2, 3 средней шкалы прибора.

Вычисление результатов. Содержание нитратного азота в почве (мг/кг) вычисляют по формуле:

$$N - NO_3 = 10^{-pNO_3} \times 14 \frac{V}{m} \times 10^3 \text{ ,где}$$

где 14 – атомная масса азота, г; V – объем экстрагирующего раствора, $см^3$; m – масса пробы почвы, г; pNO_3 – отрицательный логарифм концентрации нитрат ионов.

Преобразование формулы позволило упростить расчеты. При соотношении почвы и раствора 1 : 2,5 содержание $N\text{-}NO_3$ мг/кг почвы = Antilog (4,54 — pNO_3).

При анализе проб в состоянии естественной влажности результат анализа пересчитывают на сухое вещество, умножая на коэффициенты K_1 и K_2, учитывающие массовую долю влаги в почве и увеличение объема экстрагирующего раствора, взаимодействующего с анализируемой пробой, за счет содержащейся в почве влаги, которые вычисляют по формулам:

$$K_1 = \frac{100}{100 - W}; \quad K_2 = \frac{100}{100 - \frac{W}{2,5}} \quad \text{или} \quad K_2 = \frac{250}{250 - W}, \text{ где}$$

где W – массовая доля влаги в анализируемой почве; 2,5 – соотношение массы пробы почвы и объема экстрагирующего раствора.

Массовую долю азота нитратов в пересчете на сухую почву (X_1) вычисляют по формуле:

$$X_1 = XK_1K_2, \text{ где}$$

где X – массовая доля азота нитратов во влажной почве, мг/кг.

Содержание нитратного азота можно определить также по таблице 9.

Таблица 9 – Вспомогательная таблица по расчету азота нитратов (мг/кг почвы) при соотношении почвы и раствора 1 : 2,5 на основе формулы $N\text{-}NO_3$ мг/кг = Antilog (4,54 - pNO_3)

pNO_3	мг/кг	pNO_3	мг/кг	pNO_3	мг/кг	pNO_3	мг/кг	pNO_3	мг/кг	pNO_3	мг/кг
2,55	97,7	2,61	85,1	2,67	74,1	2,73	64,6	2,79	56,2	2,85	49,0
2,56	95,5	2,62	83,2	2,68	72,4	2,74	63,1	2,80	55,0	2,86	47,9
2,57	93,3	2,63	81,2	2,69	70,8	2,75	61,7	2,81	53,7	2,87	46,8
2,58	91,2	2,64	79,4	2,70	69,2	2,76	60,3	2,82	52,5	2,88	45,7
2,59	89,1	2,65	77,6	2,71	67,6	2,77	58,9	2,83	51,3	2,89	44,7
2,60	87,1	2,66	75,9	2,72	66,1	2,78	57,5	2,84	50,1	2,9	43,6
2,91	42,7	3,15	24,6	–	–	3,63	8,1	3,88	4,6	4,13	2,6
2,92	41,7	3,16	24,0	3,39	14,1	3,64	7,9	3,89	4,5	4,14	2,5
2,93	40,7	3,17	23,4	3,40	13,8	3,65	7,8	3,90	4,4	4,15	2,5
2,94	39,8	3,18	22,9	3,41	13,5	3,66	7,6	3,91	4,3	4,16	2,4
2,95	38,9	3,19	22,4	3,42	13,2	3,67	7,4	3,92	4,2	4,17	2,3
2,96	38,0	3,20	21,9	3,43	12,9	3,68	7,2	3,93	4,1	4,18	2,3
2,97	37,2	3,21	21,4	3,44	12,6	3,69	7,1	3,94	4,0	4,19	2,2
2,98	36,2	3,22	20,9	3,45	12,3	3,70	6,9	3,95	3,9	4,20	2,2
2,99	35,5	3,23	20,4	3,46	12,0	3,71	6,8	3,96	3,8	4,21	2,1
3,00	34,7	3,24	20,0	3,47	11,8	3,72	6,6	3,97	3,7	4,22	2,1
3,01	33,9	3,25	19,5	3,48	11,5	3,73	6,5	3,98	3,6	4,23	2,0
3,02	33,1	3,26	19,1	3,49	11,2	3,74	6,3	3,99	3,5	4,24	2,0
3,03	32,4	3,27	18,6	3,50	11,0	3,75	6,2	4,00	3,5	4,25	1,9
3,04	31,6	3,28	18,2	3,51	10,7	3,76	6,0	4,01	3,4	4,26	1,9
3,05	30,9	3,29	17,8	3,52	10,5	3,77	5,9	4,02	3,3	4,27	1,9
3,06	30,2	3,30	17,4	3,53	10,2	3,78	5,8	4,03	3,2	4,28	1,8
3,07	29,5	3,31	17,0	3,54	10,0	3,79	5,6	4,04	3,2	4,29	1,8
3,08	28,8	3,32	16,6	3,55	9,8	3,80	5,5	4,05	3,1	4,30	1,7
3,09	28,2	3,33	16,2	3,56	9,6	3,81	5,4	4,06	3,0	–	–
3,10	27,5	3,34	15,9	3,57	9,3	3,82	5,2	4,07	3,0	–	–
3,11	26,9	3,35	15,5	3,58	9,1	3,83	5,1	4,08	2,9	–	–
–	–	3,36	15,1	3,59	8,9	3,84	5,0	4,09	2,8	–	–
3,12	26,3	3,37	14,8	3,60	8,7	3,85	4,9	4,10	2,8	–	–
3,13	25,7	3,38	14,5	3,61	8,5	3,86	4,8	4,11	2,7	–	–
3,14	25,1	–	–	3,62	8,3	3,87	4,7	4,12	2,6	–	–

Контрольные вопросы.

1. Что способствует накоплению нитратов в растениеводческой продукции?

2. Какие методы анализа применяются для определения содержания нитратов?

3. В каких единицах измеряется концентрация нитратов?

Лабораторная работа № 8
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Цель работы. Научиться проводить качественные анализы на содержание различных ионов в воде.

Материалы и оборудование. Пробы воды; чистые пробирки; газовая горелка; 1%-ный раствор азотнокислого серебра; 10%-ный раствор хлористого бария; 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина.

Задание. Студент определяет цвет воды, помещая колбу перед отбеленным листом бумаги. Глазомерно определяет наличие взвеси в пробе. Определяется запах пробы, для лучшего восприятия пробирку с водой слегка нагревают над горелкой.

Отливает от каждой пробы в три пробирки примерно по 5–10 мл. Прибавляет в первую пробирку 4 капли раствора азотнокислого серебра. Примерное содержание ионов хлора определяют по характеру образовавшийся мути (таблица 10).

Таблица 10 – Реакция азотнокислого серебра с хлорид-ионами

Характер осадка или мути:	Количество хлорид ионов, мг/л
Слабая муть	до 10
Сильная муть	10–50
Постепенно оседающие хлопья	50–100
Рыхлый осадок	более 100

Во вторую пробирку добавляют 4 капли раствора хлористого бария. Примерное содержание сульфат-ионов определяют по характеру образующейся белой мути (таблица11).

Таблица 11 – Реакция хлористого бария с сульфат-ионами

Характер осадка или мути:	Содержание сульфат-ионов, мг/л
Слабая муть, появляется через 5 мин	до 10
Слабая муть, появляется через 5 с	10–100
Сильная муть (цвет молока), затем осадок	100–500
Быстро осаждающийся осадок	более 500

В третью пробирку добавляют 1 каплю фенолфталеина. Появление розовой окраски указывает на присутствие в воде ионов CO^{-2}_3.

По результатам проведенных анализов заполняется таблица 12, делается вывод, какая проба воды пригодна и не пригодна для употребления.

Таблица 12 – Результаты определений

№ пробы	Цвет	Запах	Хлорид-ионы	Сульфат-ионы	Карбонат-ионы

Контрольные вопросы.

1. *Опасность применения воды для орошения, насыщенной солями.*
2. *Какие ионы определяют жёсткость воды?*

2 ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Общие требования безопасности.

1.1. К работе в специализированных лабораториях допускаются лица, прошедшие инструктаж по охране труда.

1.2. Лица, допущенные к работе в лаборатории, должны соблюдать правила внутреннего трудового распорядка, расписание учебных занятий, установленные режимы труда и отдыха.

1.3. При работе в учебной аудитории (лаборатории) возможно воздействие на работающих опасных производственных факторов.

1.4. В учебной аудитории (лаборатории) должна быть медаптечка с набором необходимых медикаментов и перевязочных средств.

1.5. Лаборанты и преподаватели обязаны соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения, пожарные выходы.

1.6. О каждом несчастном случае пострадавший или очевидец обязан немедленно сообщить преподавателю, зав. лабораториями, начальнику службы ОТ, директору института.

1.7. При получении травмы немедленно оказать первую помощь пострадавшему, сообщить об этом зав. лабораториями, начальнику службы ОТ, директору института. При необходимости отправить пострадавшего в лечебное учреждение.

1.8. В процессе работы преподаватели и лаборанты должны соблюдать правила ношения спецодежды, пользования средствами индивидуальной и коллективной защиты, соблюдать правила личной гигиены, содержать в чистоте рабочее место.

1.9. Лица, допустившие невыполнение или нарушение инструкций по охране труда, привлекаются к дисциплинарной ответственности в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка и, при необходимости, подвергаются внеочередной проверке знаний и норм и правил охраны труда.

2. Требования безопасности перед началом работы

2.1. Подготовить к работе и проверить исправность оборудования, приборов, убедиться в их целостности.

2.2. Убедиться в наличии и целостности заземления у приборов.

2.3. Проветрить помещение лаборатории.

3. Требования безопасности во время работы

3.1. Работать в помещении лаборатории разрешается только в присутствии преподавателя.

3.2. Во время работы в лаборатории требуется соблюдать чистоту, порядок и правила охраны труда.

3.3. Работа должна быть организована так, чтобы во время длительных операций одновременно можно было выполнять другую работу.

4. Требования безопасности по окончании работы

4.1. Привести в порядок рабочее место, убрать все химреактивы на свои места в лаборантскую в закрывающиеся на замки шкафы и сейфы.

4.2. Отключить приборы от электрической сети. При отключении из электророзетки не дергать за электрический шнур.

4.3. Проветрить помещение лаборатории.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

1 Ганжара, Н. Ф. Почвоведение с основами геологии: учебник / Н. Ф. Ганжара, Б. А. Борисов; М-во сел. хоз-ва РФ, РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева. – Москва: ИНФРА-М, 2014. - 352 с.

2 Матюк, Н.С. Экологическое земледелие с основами почвоведения и агрохимии [Электронный ресурс]: учебник / Н. С. Матюк, А. И. Беленков, М.А. Мазиров. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2014. – 224 с. (ЭБС издательство «Лань»).

3 Минеев, В. Г. Агрохимия: учебник /В. Г. Минеев; рец.: А. П. Щербаков, В. В. Кидин; МГУ им. М.В. Ломоносова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: МГУ: КолосС, 2004. – 720 с.

4 Ефимов, В. Н. Система удобрения: учебник / В. Н. Ефимов, И. Н. Донских, В. П. Царенко. – Москва: КолосС, 2002. – 320 с.

5 Егоров, В. В. Экологическая химия: учеб. пособие / В. В. Егоров. – Санкт-Петербург [и др.]: ЛАНЬ, 2009. – 181 с.

6 Общее почвоведение: учеб. пособие / В. Г. Мамонтов [и др.]. – Москва: КолосС, 2006. – 456 с.

7 Юсов, А. И. Агрохимическая оценка почв: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 110101.65 – Агрохимия и агропочвоведение; 110201.65 – Агрохимия / А. И. Юсов; ФГБОУ ВПО «КГТУ». – Калининград: КГТУ, 2011. – 284 с.

8 Брысозовский, И. И. Справочник агронома по химизации сельского хозяйства: учеб. пособие / И. И. Брысозовский, Л. М. Григорович, В. И. Панасин; КГТУ. – Калининград: КГТУ, 2006. – 280 с.

9 Брысозовский, И. И. Справочник агронома по химизации сельского хозяйства / И. И. Брысозовский, Л. М. Григорович, В. И. Панасин. – 2-е изд., доп., по материалам науч.-исслед. работы в Калинингр. обл. – Калининград: [б. и.], 2008 (ИП Мишуткина И.В.). -–351 с.

10 Докучаев, Н.С. Земледелие Калининградской области: учеб. пособие для студ. вузов по напр. 560200 – Агрономия / Н. С. Докучаев, О. В. Диваков, Л.С. Еремеева; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2001. – 288 с.

11 Докучаев, Н. С. Система земледелия: учеб. пособие / Н. С. Докучаев; ФГОУ ВПО «КГТУ». – 2-е изд. – Калининград: КГТУ, 2007. – 316 с.

12 Основы общего землеведения: учеб. пособие / Ю. П. Паракшин [и др.]; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2003. – 202 с.

13 Паракшина, Э. М. Эрозия почв: учеб. пособие / Э. М. Паракшина, А. И. Юсов. – Калининград: КГТУ, 2005. – 92 с.

14 Химизация земледелия Калининградской области за 40 лет (1966-2005 гг.): справ.: учеб. пособие / В. И. Панасин [и др.]; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2007. – 139 с.

15 Банкин, М.П. Физико-химические методы в агрохимии и биологии почв: учеб. пособие / М. П. Банкин, Т. А. Банкина, Л. П. Коробейникова. – Санкт-Петербург: СПбГУ, 2005. – 176 с.

16 Кидин, В. В. Практикум по агрохимии: учеб. пособие / В. В. Кидин, И. П. Дерюгин, В. И. Кобзаренко; ред. В. В. Кидин. – Москва: КолосС, 2008. – 599 с.

17 Агрохимия: учебник / ред.: И. Р. Вильдфлуш, С. П. Кукреш, В. А. Ионас. – Минск: Ураджай, 1995. – 480 с.

18 Прянишков, Д. Н. Избранные сочинения в трех томах / Д. Н. Прянишков. – Москва: Колос, 1965 – Т.1: Агрохимия. – 767 с.

19 Прянишков, Д. Н. Избранные сочинения в трех томах / Д. Н. Прянишков. – Москва: Колос, 1965. – Т. 2: Частное земледелие. – 708 с.

20 Прянишков, Д.Н. Избранные сочинения в трех томах / Д. Н. Прянишков. – Москва: Колос, 1965 – Т. 3: Общие вопросы земледелия. – 630 с.

21 Удобрение, технологии и урожай: справочник агронома по химизации земледелия: учебное пособие / В. И. Панасин, М. И. Вихман, В. В. Долина [и др.]. – Калининград: Изд-во БФУ им.И. Канта, 2018. – 315 с.

22 Ягодин, Б. А. Агрохимия / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 584 с.

23 Кирюшин, В. И. Агротехнологии [Электронный ресурс]: учебник / В. И. Кирюшин, С. В. Кирюшин. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2015. – 464 с. (ЭБС Издательство «Лань»).

Локальный электронный методический материал

Светлана Анатольевна Терещенко
Лилия Дмитриевна Мудрова

АГРОХИМИЯ

Редактор С. Кондрашова
Корректор Т. Звада

Уч.-изд. л. 2,6. Печ. л. 2,3.

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1