

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ И АГРОБИЗНЕСА

Кафедра агрохимии, почвоведения и экологии

ЧЕСАЛИН С.Ф., МАМЕЕВ В.В., СМОЛЬСКИЙ Е.В.

АГРОХИМИЯ

лабораторный практикум для студентов
обучающихся по направлению подготовки
35.03.04 Агрономия

Брянская область
2020

УДК 63:54 (076.5)

ББК 40.4

Ч 51

Чесалин, С. Ф. **Агрохимия**: лабораторный практикум для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия / С. Ф. Чесалин, В. В. Мамеев, Е. В. Смольский / Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2020. – 132 с.

Учебное пособие написано в соответствии с программой дисциплины «Агрохимия» и отвечает требованиям Федерального государственного образовательного стандарта РФ. Издание предназначено для студентов сельскохозяйственных вузов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия, также оно будет полезно специалистам, работающим в сельскохозяйственной сфере.

Целью практикума является формирование представлений, умений и практических навыков при проведении количественного и качественного анализа почвы, растений, минеральных, органических удобрений и мелиорантов. Пособие реализует компетенции для направления подготовки 35.03.04 Агрономия: ОПК-1: способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий; ПКО-8: способен разработать системы применения удобрений с учетом свойств почвы и биологических особенностей растений; ПКО-12: способен определять общую потребность в семенном и посадочном материале, удобрениях и пестицидах.

Рецензент:

Г.В. Чекин – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и экологии Брянского государственного аграрного университета.

Рекомендовано к изданию решением методической комиссии института экономики и агробизнеса Брянского государственного аграрного университета от 19 февраля 2020 года, протокол № 2.

© Брянский ГАУ
© Чесалин С.Ф., 2020
© Мамеев В.В., 2020
© Смольский Е.В., 2020

ВВЕДЕНИЕ

Всемерный подъем земледелия – основа развития сельского хозяйства, укрепления его экономики. Научная система земледелия – это полный комплекс мер, предусматривающий создание благоприятных условий для устойчивого роста урожайности сельскохозяйственных культур.

Классик естествознания К.А. Тимирязев считал, что все – искусство земледелия – в питании растений. Чем плодороднее земля, тем больше питательных веществ получают растения. Однако лишь в сравнительно редких случаях сельскохозяйственные культуры находят в почве достаточно воды и все необходимые элементы пищи в легкоусвояемой форме и оптимальном соотношении. И до тех пор, пока агрономическая наука не изучила законы питания растений и не предложила нового приема управления этим процессом, – применения минеральных удобрений, урожаи культур ни в одной стране не отличались высоким уровнем и стабильностью. Однако нельзя думать, что избытком удобрений можно исправить недостаток знаний. Использование большого ассортимента современных удобрений требует знаний агрономических свойств почвы и физиологических особенностей возделываемых культур, не говоря уже о составе, видах и качестве самих удобрений.

Удобрения – мощный фактор повышения урожайности сельскохозяйственных культур, дающий при правильном его использовании до 50% прибавки урожая.

Рассчитывать на увеличение урожайности за счет расширения посевных площадей не приходится, так как количество пашни в результате отчуждения ее под строительство и другие народнохозяйственные нужды сокращается.

Использовать средства химизации надо грамотно, чтобы обеспечить рост урожайности сельскохозяйственной продукции, не нанеся вреда окружающей среде.

В этой связи весьма актуально звучат слова основоположника отечественной агрохимии, академика Д.К. Прянишникова о том, что химизация земледелия должна начинаться с «химизации» агрономов. Будущий специалист должен прочно овладеть методами исследования почв, удобрений и растений с тем, чтобы в практической деятельности успешно решать вопросы применения удобрений на научной основе.

РАЗДЕЛ 1

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В АГРОХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Работа в агрохимической лаборатории требует ответственного и осведомленного поведения. В противном случае не исключена возможность аварий и несчастных случаев, для предотвращения которых необходимо соблюдать правила техники безопасности в лаборатории.

1. Перед началом работы надо изучить свойства используемых веществ, устройство аппаратуры и меры безопасности. Работать в агрохимической лаборатории нужно в халатах, чтобы попавшие реактивы не загрязняли и не разрушали одежду студента.

2. Опыты всегда нужно делать с такими количествами (и концентрациями) веществ и в такой последовательности и условиях, которые указаны в руководстве.

3. Опыты, в которых реакции протекают бурно, следует проводить, приняв надлежащие меры предосторожности, обязательно в предохранительных очках.

4. Не следует проводить химических опытов в нечистой посуде. Если, например, склянку из-под бензина наполнить кислородом и внести в нее тлеющую лучинку, то произойдет сильный взрыв смеси паров бензина с кислородом.

5. Нюхать вещества нужно не наклоняясь над сосудом и не вдыхая полной грудью, а только направляя к себе пары или газ движением руки.

6. Категорически запрещается пробовать что-либо на язык, принимать в лаборатории пищу и курить, пользоваться для питья какой-либо химической посудой без разрешения лаборанта.

7. Запрещается набирать ртом или при помощи пипетки, трубки ядовитые или могущие причинить ожоги жидкости. Для этого следует пользоваться сифоном или

пипетками, снабженными всасывающим устройством, мерными цилиндрами.

8. Особой осторожности требует работа с ядами (синильной кислотой и ее солями, мышьяком, ртутью и их соединениями, белым фосфором).

Остатки опасных веществ – щелочных металлов, ртути, фосфора и т.д. не выбрасывать в раковины или мусорные ящики, а сдавать лаборанту, который собирает их в предназначенные для этого специальные сосуды.

9. Все опыты с ядовитыми, вредными для здоровья и дурно пахнущими веществами надлежит вести обязательно под тягой.

10. При приготовлении раствора серной кислоты надо вливать серную кислоту в воду, а не наоборот. Пользоваться при этом толстостенной или фарфоровой посудой.

11. Производя химические опыты, приборы следует располагать таким образом, чтобы реагирующие вещества в случае выбрасывания не могли попасть на самого экспериментатора или находящихся вблизи других людей.

12. В легкодоступном месте лаборатории должен висеть проверенный огнетушитель, а также должен быть ящик с песком и листовой асбест. На видном месте должна висеть аккуратно сложенная кошма или байковое одеяло для моментального тушения небольших очагов пожара или горящей на человеке одежды.

13. Строго запрещается производить какие-либо работы с легковоспламеняющимися веществами вблизи огня.

14. Воспламеняющиеся вещества, не растворимые в воде (бензин, скипидар и т.п.) следует тушить, накрывая пламя одеялом, асбестом или засыпая его песком.

15. Запрещается хранить в лаборатории легковоспламеняющиеся вещества (бензин, спирт, эфир и т. п.) в количестве большем, чем нужно для текущей работы.

16. Действующие газовые и электронагревательные

приборы нельзя оставлять без присмотра.

17. При неправильном обращении со стеклянными приборами могут быть поражены руки. Стеклянные трубки, палочки, термометры надо смазывать водой или глицерином и вставлять в шланги и пробки, вращая их при слабом нажатии. Руки при этом следует обертывать полотенцем.

Меры первой помощи при ожогах и ранениях

В агрохимической лаборатории должна быть аптечка с необходимым набором медикаментов.

В случае необходимости студенты обязаны уметь оказать первую помощь.

1. При ранении стеклом удалить ватой, смоченной спиртом или раствором KMnO_4 кровь с места пореза – извлечь из ранки осколки стекла, если они есть, а затем обмыть пораженное место, смазать йодом и перевязать бинтом.

2. При термическом ожоге надо смочить обожженное место раствором перманганата калия, затем смазать мазью от ожогов, вазелином или раствором соды (NaHCO_3) и перевязать бинтом.

3. При ожоге немедленно вытереть насухо обожженное место платком или полотенцем и промыть большим количеством воды (лучше теплой). Еще лучше обмыть 2%-ным раствором соды, смазать обожженное место вазелином и перевязать бинтом.

При ожогах глаз хорошо промыть чистой водой или 2%-ным раствором соды. Немедленно обратиться к врачу.

При ожогах щелочью смыть водой (лучше теплой), а еще лучше 2%-ным раствором уксусной или борной кислоты, смазать борным вазелином или 5%-ным раствором марганцовокислого калия и перевязать бинтом.

При ожогах горячим фосфором смочить обожженное место 1%-ным раствором медного купороса.

4. При отравлениях хлором, бромом, сероводородом, окисью углерода надо вывести пострадавшего на улицу, на воздух.

Порядок работы в лаборатории

1. Студенту разрешается работать в лаборатории только после предварительной подготовки. Он должен прочитать в руководствах, пособиях материал, относящийся к выполнению данной работы.

Студенту должна быть ясна цель предстоящей работы, план ее выполнения, он должен хорошо знать и законспектировать в своей рабочей тетради (журнале), что намного облегчит выполнение работы. При подготовке к каждому лабораторно-практическому занятию по агрохимии студент обязан знать теоретические основы анализа, протекающие реакции при этом, различного рода превращения, приборы и аппараты, используемые при выполнении данной работы.

Студент может быть допущен к выполнению анализов только после предварительного собеседования по работе с преподавателем.

2. За каждым работающим в лаборатории закрепляется место у стола, которое нужно содержать в образцовой чистоте и порядке.

3. Для нормальной работы группы на каждое занятие выделяется дежурный в помощь лаборанту кафедры. Дежурный обязан принять лабораторию, получить халаты, методические пособия, по мере необходимости приносить дистиллированную воду, фильтры и др. После выполнения работы дежурный сдает аудиторию лаборанту.

4. Лаборантами готовятся необходимые для работы реактивы, которые ставятся на рабочий стол. Исключение составляют концентрированные кислоты, щелочи, пахучие вещества, которые хранятся в вытяжных шкафах.

5. Реактивы надо брать чистым шпателем, ложечкой и пр. При наливании растворов из склянок (бутылей) следует держать их таким образом, чтобы этикетка была повернута вверх, во избежание заливания, загрязнения.

6. Пробки и крышки от склянок, банок и другой посуды необходимо класть на стол поверхностью, не сопри-

касающейся с реактивом.

7. Категорически запрещается ставить склянки с реактивом на книги и тетради.

8. Перестановка приборов и оборудования в лаборатории и вынос из нее без разрешения преподавателя или лаборанта не допускаются.

Лабораторный журнал студента

Каждый студент обязан вести журнал (тетрадь) лабораторно-практических работ, который является основным документом о выполнении определенных анализов. При подготовке к занятиям студент заносит туда тот план, по которому он будет (согласно методическим указаниям, пособиям) выполнять ту или иную аналитическую работу. Запись в журнале положено вести аккуратно, четко и кратко, в определенной последовательности (по ходу работы).

На первом листе журнала подписывают название предмета, фамилию, имя, отчество студента, номер группы, курс. Страницы журнала надо пронумеровать. Запрещается вести запись лабораторных работ на отдельных листах или в черновых тетрадях. Каждую работу следует начинать с новой страницы. В первую очередь ставят дату, затем название. Обычно отчет о лабораторной работе состоит из краткой характеристики принципа выполнения и цели работы, описания и зарисовок приборов, предварительных расчетов. Затем описывают выполнение работы и результаты непосредственных наблюдений и измерений. Отчет заканчивается объяснением наблюдаемых явлений, составлением уравнений реакций, расчетной обработкой результатов, построением графиков, вычислением ошибок.

В заключение приводят вывод. Работу защищают у преподавателя.

Защита заключается в ответах на вопросы, связанные с принципом метода и практическим его осуществлением, сущностью наблюдаемых явлений.

РАЗДЕЛ 2 АНАЛИЗ ПОЧВЫ

Для правильного применения удобрений в хозяйствах необходимо хорошо знать агрохимические свойства почвы. С этой целью проводят агрохимическое обследование почв, которое позволяет установить реакцию и степень обеспеченности почв питательными веществами. Знание этих свойств позволяет разработать научно-обоснованные мероприятия по рациональному использованию удобрений и химических мелиорантов.

Достоверность полученных результатов в значительной мере зависит от тщательности отбора почвенных образцов и правильности выбора методики для определения подвижных питательных веществ.

Методы анализа почв зональны, а результаты анализов должны корректировать с результатами полевых опытов, по оценке почвенного плодородия.

Взятие почвенных образцов в поле. Способы отбора смешанных образцов

Агрохимические исследования почвы определяют методику взятия образцов для анализа. На целинных и опытных участках берут индивидуальные почвенные образцы по генетическим горизонтам. Однако для большинства случаев агрохимической характеристики почвы берут смешанные образцы на глубину пахотного слоя ($A_{\text{пах}}$).

Для выполнения работ в поле по отбору образцов каждый студент или группа студентов (3-4 чел.) должна иметь следующее снаряжение:

- 1) бур тростевой или лопата для взятия образцов почвы;
- 2) мешочки (или плотная бумага) и шпагат для упаковки почвенных образцов;
- 3) этикетки из плотной бумаги (пергамент),
- 4) синтетическую пленку для смешивания индивиду-

альных образцов,

5) вешки для разбивки обследуемой площади на элементарные участки,

б) рулетку, сажень.

Элементарный участок – это единица площади, которая характеризуется одним смешанным образцом. Смешанный образец состоит из 20-30 индивидуальных образцов.

Взятие индивидуальных образцов зависит от конфигурации полей и элементарных участков. Желательно, чтобы элементарные участки имели прямую или квадратную форму. Если элементарные участки имеют удлинённую форму, то целесообразно брать индивидуальные образцы почвы по средней линии его длинной стороны через определенное расстояние. Близкая к квадрату форма элементарных участков определяет взятие индивидуальных образцов по взаимно пересекающимся диагоналям или осевым линиям. Кроме того, может быть использован отбор образцов в шахматном порядке. При отборе образцов почвы любым способом необходимо исключать участки, на которых внесены высокие дозы удобрений, западины, бурты, места, где расположены бурты органических удобрений и т.п. С этой целью делают рекогносцировочный осмотр поля (участка) перед отбором образцов.

Частота отбора смешанных образцов зависит от пестроты плодородия почвы и удобренности полей и сельскохозяйственных угодий. В Нечерноземной зоне, которая отличается большой пестротой почв, смешанные образцы отбираются чаще, чем в зоне черноземных почв.

Для определения частоты отбора смешанных почвенных образцов руководствуются следующим.

1. В полевых севооборотах площадь элементарного участка, как правило, составляет не более 5 га. Однако при условии однородности почвенного покрова и нерегулярном внесении умеренных доз удобрений она может быть

увеличена до 10 га.

2. В овощных севооборотах площадь участка составляет 1-2 га.

3. В прифермских севооборотах и на интенсивно удобрявшихся полях полевых севооборотов величина участка составляет 2-3 га.

4. В плодово-ягодных садах – не более 1 га.

5. На культурных сенокосах и пастбищах индивидуальный образец отбирают с площади 5 га, на естественных сенокосах и пастбищах – с 10 га на глубину гумусового горизонта.

В садах, на лугах и пастбищах – 10-15% от общего количества образцов берут на глубину 20-40 см.

В случае нескольких почвенных разностей в пределах элементарного участка почвенный образец берут с преобладающей почвенной разности.

Отбор почвенных образцов. При агрохимических исследованиях отбор почвенных образцов является очень ответственной работой, так как допущенные при этом ошибки могут свести на нет всю аналитическую работу. Поэтому образец должен быть типичным для обследуемого участка поля. Существует несколько способов взятия смешанных почвенных образцов.

Выборочный способ. Смешанный образец составляется из индивидуальных образцов, взятых с небольшой площади 100-400 м², типичной в почвенном отношении и по рельефу для всего элементарного участка. Слабая сторона выборочного способа – недостаточный охват всего участка.

Более надежные результаты получаются, когда смешанный образец отбирается не с одной, а с 3-4 площадок в пределах элементарного участка.

На каждой площадке тростевым буром или лопатой на глубину пахотного слоя берут 5-10 индивидуальных проб.

Индивидуальные образцы с каждого участка тща-

тельно перемешиваются и отбирается один смешанный образец почвы массой 300-400 г.

Смешанный образец переносится в матерчатый, полиэтиленовый мешочек или упаковывается в плотную бумагу.

Предварительно к образцу прикладывают этикетку (внутри или снаружи). В этикетке указывают: наименование хозяйства (опытной станции, опытного поля, кафедры), название опыта, номер почвенного образца, соответствующий номеру элементарного участка или номеру делянки, глубину взятия, фамилию отбиравшего образец и дату выполнения работы. После этого мешочки или бумагу перевязывают шпагатом.

Выборочным способом можно пользоваться на малодобряемых однородных по почвенному плодородию почвах.

Равномерный способ. Индивидуальные образцы берут в разных точках, равномерно распределенных по площади элементарного участка. Равномерный способ может быть выполнен по оси участка, по диагонали, крестом, кольцом и равномерно. При этом способе более полно охватывается вся площадь индивидуального участка, в то же время он наиболее трудоемкий.

Маршрутный способ. Взятие образцов выполняют через определенные равные расстояния по маршрутной линии, проходящей через весь элементарный участок. Маршрутная линия прокладывается по диагонали с угла на угол или вдоль одной из сторон по середине элементарного участка.

В настоящее время наиболее распространено взятие образцов по маршрутной линии, проходящей по оси участка.

Во время отбора образцов в рабочей тетради делают записи о состоянии посевов, особенностях почвенного покрова, рельефа, степени засоренности и т.п.

При агрохимическом исследовании по динамике элементов питания почвенные образцы, кроме того, отбирают в течение всего вегетационного периода на небольших пло-

щадках до глубины 100-120 см через определенный интервал 10-20, 20-40, 40-60 и 80-100-120 (или по генетическим горизонтам почвенного профиля). Один смешанный образец получается не менее чем из пяти индивидуальных образцов.

Подготовка почвенных образцов к анализу. Смешанный почвенный образец или (первоначальный) – это небольшое количество почвы (300—400 г), по своему составу наиболее близко соответствующее среднему составу почвы участка, поля. Масса смешанного образца почвы значительно превышает массу почвы, необходимую для аналитической работы. Этим достигается лучшее отражение среднего состава какой-либо разновидности почвы.

Лабораторная проба (образец) – масса почвы, необходимая для физико-химических анализов почвы.

Аналитическая проба (образец) – масса почвы, необходимой для выполнения отдельных агрохимических анализов.

Корни, гальку, раковины, желваки, известковую белоглазку и т.п. из образцов удаляют.

Отобранные почвенные образцы в тот же день должны быть положены для просушки в хорошо проветриваемые помещения (но не на солнце).

Высушивание. Высушивание почвы необходимо для обеспечения возможности последующих операций по размолу и просеиванию. Кроме того, сушка является средством фиксации образцов почвы (прекращается деятельность микроорганизмов).

Почву насыпают тонким слоем (1-2 см) на бумагу. Каждый образец размещают на чистом листе, этикетку кладут под почву. Большие комочки размягчают руками или раздробляют пестиком в фарфоровой ступке. Чтобы ускорить сушку, почву несколько раз перемешивают. Обычно через 3-4 дня почва достигает воздушно-сухого состояния.

Для сушки образцов почвы можно использовать сушильные камеры с температурой воздуха не выше 40 °С.

Размол и просеивание. Размол необходим для усреднения почвенного образца, большая часть агрохимических анализов требует измельчения почвы до частиц размером не более 1 мм, затем высушенные образцы полностью измельчают и одновременно просеивают через сито с отверстиями диаметром 1 мм. Кроме того, до настоящего времени практикуется растирание (размол) почвы вручную в фарфоровой ступке. Измельченную почву просеивают через ручное сито с поддоном и крышкой. Обломки минералов и горная порода, которые остаются на сите (скелет почвы), взвешивают, отделяют и анализируют в дальнейшем, но сохраняются. Комочки, агрегаты почвы, не прошедшие через сито вновь растираются и просеиваются. Операцию повторяют до тех пор, когда вся почва пройдет через сито.

Затем всю массу смешанного образца тщательно перемешивают, придают форму квадрата (толщина 2-3 см), который линейкой делят на четыре части двумя взаимно пересекающимися перпендикулярными линиями. Любые две противоположные части соединяют вместе, что и составит лабораторную пробу (образец) почвы. Две другие – ссыпают в стеклянные склянки или коробки и оставляют в запасе. Этикетки должны быть в обеих частях, почвенного образца снаружи (на банке, коробке) и внутри.

В последующем лабораторную пробу хорошо перемешивают, разравнивают на бумаге в виде квадрата (прямоугольника) слоем толщиной в 1 см. который линейкой разделяют на 25-30 мелких квадратов (2×2 или 3×3). После чего шпателем из каждого (или через один) квадрата отбирают небольшое количество почвы со всей глубины слоя почвенной лабораторной пробы. Это и будет аналитическая проба (образец) почвы.

Примечание. При определении общего гумуса или органического углерода и общего азота требуется специ-

альная подготовка образцов почвы к анализам.

Из лабораторной пробы отбирают 25-30 г почвы. Оставшуюся почву ссылают обратно в пакет или коробку. Отобранную массу почвы распределяют тонким слоем на листе бумаги и очень тщательно удаляют корни и другие органические остатки. Крупные корни и остатки растений отбирают вручную, а мелкие – пинцетом.

Для отбора мелких органических включений (остатки корней, соломы) иногда прибегают к помощи лупы. Не рекомендуется отделять растительные остатки наэлектризованной стеклянной палочкой, так как при этом из почвы удаляются и некоторые гумифицированные частицы и результаты анализа могут быть искажены.

В связи с тем, что почва, просеянная через сито в 1 мм, слишком неоднородна по величине комочков, а также очень трудно затем взять навеску (0,1-0,5, редко 1 г), которая характеризовала бы лабораторную пробу и смешанный образец, почву дополнительно растирают в фарфоровой или агатовой ступке пестиком с резиновым наконечником и полностью пропускают (15-20 г) через сито с отверстиями 0,25 мм. Образцы хранят в банках, закрытых пробками.

Определение обменного и водорастворимого вещества проводят в свежевзятых образцах. Перед взятием навески комочки почвы разрушают стеклянной палочкой и из почвы отбирают органические остатки (корни, солома и др.). После этого рекомендуется просеять почву через сито с диаметром отверстий 2-3 мм (если позволит влажность ее). В этих же образцах можно определить содержание нитратов и нитритов в почве. Однако обычно их определяют в воздушно-сухих образцах. Обращается особое внимание в этом случае на высушивание почвы: необходимо сушить ее в тени, чтобы не попадало солнце, так как в противном случае это приведет к изменению нитратов в почве.

Хранение образцов почвы. Любые образцы почвы

хранятся в чистом специальном помещении без доступа паров аммиака, кислот и других газов. Вместе с тем помещение не должно быть далеко (в другом здании) от аналитической лаборатории.

Лучше всего хранить образцы почвы в стеклянных банках с завинчивающейся или притертой пробкой. Можно хранить в картонных коробках, полиэтиленовых мешочках и т.п. Образцы должны быть обязательно пронумерованы и иметь две этикетки: снаружи и внутри вместе с почвой.

2.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ ПОЧВЫ В ИЗВЕСТКОВАНИИ, УСТАНОВЛЕНИЕ И РАСЧЕТ ДОЗ ИЗВЕСТИ

В Нечерноземной зоне РФ почвы с повышенной кислотностью составляют около 80%. Наличие в почвенном растворе и в поглощенном состоянии большого количества ионов водорода и алюминия резко ухудшает физические, физико-химические а биологические свойства этих почв, их плодородие, снижает на 30-40% эффективность применения минеральных удобрений.

Средний недобор растениеводческой продукции в сравнении с урожаем, который можно получить при оптимальной кислотности, достигает на сильнокислых почвах 7-8 ц/га, кислых – 5-6, на среднекислых почвах – 3-4 ц/га зерновых единиц и колеблется в зависимости от вида выращиваемых культур и условий питания.

Известкование – средство коренного улучшения кислых почв, мероприятие, требующее значительных затрат средств. Поэтому, прежде чем приступить к известкованию, нужно убедиться в его необходимости.

Формы почвенной кислотности. Кислотность почв в естественных условиях обычно обуславливается и ходом почвообразовательного процесса, но подкисление почвы может произойти также и в результате внесения в нее не-

которых физиологически кислых минеральных удобрений.

Различают две формы почвенной кислотности:

1. Актуальную (или активную) кислотность.
2. Потенциальную (скрытую) кислотность, которая подразделяется, в свою очередь, на обменную и гидролитическую.

Под актуальной кислотностью понимают активную концентрацию водородных ионов в почвенном растворе или в водной вытяжке из почвы.

На основании одной величины рН почвенного раствора (или водной вытяжки из почвы) нельзя делать выводы о количестве извести, необходимой для нейтрализации кислотности почв. Водородные ионы, присутствующие в почвенном растворе, составляют только незначительную часть всего количества ионов, способных переходить в почвенный раствор или реагировать с основаниями.

Так как 1 г H^+ эквивалентен 50 г $CaCO_3$, то можно полагать, что для нейтрализации даже наиболее кислой почвы с рН 3 потребуется только 250 кг/га $CaCO_3$. Однако такая доза извести не даст ожидаемого эффекта, а почва после ее внесения останется сильнокислой. Основная часть H^+ ионов находится в твердой фазе почвы, в ее илистой фракции, в поглощенном состоянии. Поэтому после нейтрализации известью H^+ ионов почвенного раствора из поглощающего комплекса H^+ ионы вновь перейдут в почвенный раствор и подкислят его.

Актуальная кислотность – величина весьма неустойчивая, она сильно изменяется в течение вегетационного периода.

В связи с указанным для установления потребности в известковании почвы используют данные определения не актуальной кислотности, а общее количество ионов водорода (и алюминия), находящихся в поглощенном состоянии (потенциальную кислотность).

Обменная кислотность в почве вызывается ионами во-

дорода и алюминия поглощающего комплекса, которые могут быть вытеснены из него – обычно хлористого калия (KCl).

Обменная кислотность в почве вызывает ряд отрицательных явлений; недоучет которых может привести к совершенно неожиданным результатам. Так, при внесении в почву, обладающую обменной кислотностью, калийных удобрений может получиться отрицательный эффект, вследствие поглощения калия почвой и выделения взамен него из поглощающего комплекса в почвенный раствор ионов водорода и алюминия с образованием кислой реакции, что может снизить эффективность удобрения, привести к отрицательному действию на урожай.

Гидролитическая кислотность не вызывает столь вредных для растений в последствии ионы водорода, обуславливающие гидролитическую форму кислотности почв, не способны к вытеснению нейтральными солями и не образуют в растворе свободных кислот или гидролитических кислых солей.

Гидролитическая кислотность обнаруживается при обработке почвы растворами гидролитически щелочных солей (CH_3COONa). При воздействии щелочи на поглощающий комплекс вытесняются гораздо большие количества ионов водорода, чем при обработке почвы нейтральными солями, т.е. образуется значительно большая кислотность, чем обменная, которая по свойствам применяемого реактива и получила название гидролитической.

Дозы извести устанавливаются по величине последней, как дающей наиболее полную величину кислотности почвы. Это тем более верно, что обычным методом определения гидролитической кислотности почвы устанавливают ее в виде суммы собственно гидрологической, обменной и актуальной. Уксуснокислый натрий, как гидролитически щелочная соль, реагирует одновременно и с почвенным раствором и с твердой фазой почв.

В целях обоснования потребности почв в известковании и главным образом для установления дозы извести необходимо провести целый ряд анализов, методика выполнения которых излагается ниже.

Определение актуальной и обменной кислотности электрометрическим методом

Значение анализа. Реакция водной вытяжки из почвы определяется для характеристики жидкой фазы почвы как среды для произрастания растений. Данные анализа солевой вытяжки служат для определения степени кислотности, нуждаемости почв в известковании и установлении ориентировочных доз извести.

Принцип метода. Концентрацию ионов водорода в водных и солевых вытяжках при электрометрическом определении устанавливают путем измерения электродвижущей силы (ЭДС) в цепи, состоящей из двух полуэлементов:

а) электрода измерения, погруженного в испытуемый раствор. Чаще всего в рН-метрах электродом сравнения служит стеклянный электрод, позволяющий измерять рН в широких интервалах кислотности и температуры;

б) вспомогательного электрода с постоянным значением потенциала. Соотношение объемов почва – раствор равно 1 : 2,5 для минеральных почв, а для торфянистых и торфяных почв – 1 : 25; почвенных грунтов из теплиц – 1:5.

Ход анализа. Берут две навески по 10 г воздушно-сухой почвы, помещают в химические стаканы. В один стакан приливают 25 мл 1,0 Н раствора хлорида калия, а другой – 25 мл дистиллированной воды. При измерении кислотности на рН-метре удобнее готовить суспензию в стакане на 50-100 мл с тем, чтобы измерять рН, не переливая ее в другую емкость.

Почву перемешивают с раствором в течение 1-2 мин. Для работы на рН-метре его необходимо настроить по буферным растворам так, как это описано в инструкции к прибору.

Определение рН производится спустя час после заливки почвы раствором хлористого калия и дистиллированной воды.

Перед определением рН суспензию еще раз перемешивают и в нее погружают электрод сравнения и стеклянный электрод так, чтобы шарик стеклянного электрода был полностью погружен в почвенную суспензию. Спустя 1,5 мин. по шкале прибора читают значение рН исследуемого раствора.

После определения каждой величины рН обмывают электроды дистиллированной водой и фильтровальной бумагой удаляют избыток воды.

Результаты анализа записывают в тетрадь по форме:

Таблица 1 – Определение рН водной или солевой вытяжки потенциометрическим методом

Дата проведения анализа	№ п.п	№ образцов	Глубина взятия	Вариант опыта	Значение рН (показание прибора)	Среднее значение рН

И дают заключение о степени кислотности и необходимости почв в известковании (табл. 2)

Таблица 2 – Дозы извести в зависимости от рН солевой вытяжки и гранулометрического состава почвы

Показатель солевой вытяжки	Необходимость в известкования	Дозы извести (в т на 1 га)	
		на песчаных и супесчаных почвах	на средних и тяжёлых суглинках
Менее 4,5	острая	4,0	6,0
4,6	сильная	3,4	5,5
4,8	средняя	3,0	5,0
5,0	средняя	2,5	4,5
5,2	слабая	2,0	4,0
5,4 - 5,5	слабая	2,0	3,5
Более 5,5	не требуется	–	–

Использование результатов анализа. Кислая и щелочная реакции неблагоприятны для развития сельскохозяйственных растений и полезных почвенных организмов. Наиболее благоприятными реакциями для развития сельскохозяйственных растений являются слабокислая и нейтральная. Большинство культур нормально развиваются и дают высокий урожай при рН 6-7 и только картофель, лён, люпин, брюква могут давать высокий урожай при рН 4,6-6,0 (табл. 3).

Таблица 3 – Отношение различных растений к реакции почвы

Растения	Интервал рН, благоприятный для роста и развития	Растения	Интервал рН, благоприятный для роста и развития
Люцерна	7,0-7,8	Подсолнечник	6,0-6,8
Сахарная и столовая свекла	7,0-7,5	Рожь	5,0-7,7
Капуста	6,5-7,4	Овёс	5,5-7,5
Огурцы	6,4-7,5	Гречиха	5,0-7,3
Лук	6,4-7,5	Редис	5,0-7,3
Ячмень	6,8-7,5	Морковь	5,6-7,0
Пшеница озимая	6,3-7,6	Томаты	5,0-8,0
Пшеница яровая	6,0-7,0	Лён	5,0-6,5
Горох	6,0-7,0	Картофель	5,0-5,5
Клевер	6,0-7,0	Люпин	4,6-6,0
		Брюква	4,8-5,5

Результаты определения рН (сол.) являются важными данными для определения потребности почвы в известковании. В хозяйствах потребность почв в известковании устанавливают по агрохимическим картограммам кислотности почв. По величине рН с учетом гранулометрического состава почвы и мощности пахотного горизонта с помощью справочной литературы можно определить ориентировочно дозы извести.

Применение доз извести позволяет довести реакцию

почвы до оптимальной (рН 5,8-6,5) для большинства сельскохозяйственных культур.

Приборы, посуда: весы ВТК-500, ВЛТК-500, рН-метр, 2 стаканчика на 50 мл, мерные цилиндры или дозатор на 25 мл, пипетки, фильтровальная бумага, бумага для взвешивания.

Реактивы: вода дистиллированная, раствор 1 Н КСl, буферные растворы с рН 4,01; 6,86 и 9,18.

Определение гидролитической кислотности по Каппену

Значение анализа. Гидролитическая кислотность – это часть потенциальной кислотности, обусловленная менее подвижными ионами водорода в почвенном поглощающем комплексе, которые могут быть переведены в раствор только при щелочной реакции. Определяется она для наиболее точного установления нормальной или полной дозы извести, для вычисления емкости поглощения и степени насыщенности почвы основаниями, установления эффективности и возможности частичной замены суперфосфата фосфоритной мукой на кислых почвах.

Принцип метода. Почву обрабатывают раствором 1 Н уксуснокислого натрия CH_3COONa . Это гидролитически щелочная соль (рН 8,2).

При взаимодействии почвы с раствором CH_3COONa ионы натрия энергично вытесняют ионы водорода, а освободившаяся уксусная кислота будет эквивалентна количеству ионов водорода, вытесненных из почвенного поглощающего комплекса.

При этом методе определяется не только собственно гидролитическая кислотность но также актуальная и обменная кислотности и определяемая величина, называемая условно гидролитической кислотность, будет на самом деле представлять сумму всех форм кислотности почвы.

Примечание. При обработке почвы 1 Н раствором KCl и 1 Н CH₃COONa в вытяжку переходят как ионы H⁺, так и ионы Al³⁺. Поэтому и обменная, и гидролитическая кислотности будут обуславливаться ионами водорода и алюминия.

При определении гидролитической кислотности по Каппену отношение массы минеральных почв к раствору – 1 : 2,5, торфяных 1 : 25 и более.

Величина гидролитической кислотности выражается в мг эквивалентах на 100 г почвы.

Образовавшуюся уксусную кислоту титруют раствором 0,1 Н щелочи и по ее количеству находят величину гидролитической кислотности.

Ход анализа. На теххимических весах берут 20 г почвы, переносят ее в колбу на 200-250 мл и приливают 50 мл 1,0 Н раствора CH₃COONa. Взбалтывают почву с раствором 1 час на ротаторе и сразу фильтруют через сухой складчатый фильтр в сухую колбу, стараясь по возможности перенести больше почвы на фильтр.

Первые мутные порции фильтрата отбрасывают или вновь возвращают на фильтр. Пипеткой берут 25 мл прозрачного фильтрата, переносят его в колбочку, добавляют 2-3 капли фенолфталеина и титруют 0,1 Н раствором NaOH до исчезающей в течение 1 мин. слабозименой окраски.

Вычисление результатов анализа. Величину гидролитической кислотности (Нг) в мг-экв. на 100 г почвы вычисляют по формуле.

$$\text{Нг} = a \times K \times 1,75 \times 100 / 10 \times M,$$

где *a* – количество 0,1 Н щелочи, пошедшее на титрование вытяжки, в мл;

K – поправка к титру 0,1 Н раствора щелочи;

1,75 – поправка (коэффициент) на неполноту вытеснения ионов водорода при однократной обработке почвы

уксуснокислым натрием. Установлено, что величина гидролитической кислотности в 1,5-2 раза больше определяемой при однократной обработке почвы;

100 – пересчет результатов на 100 г почвы;

10 – переход от количества миллилитров 0,1 Н щелочи к миллиграмм-эквивалентам, так как 1 мл 0,1 Н щелочи отвечает 0,1 мг-экв. водородных ионов;

M – масса почвы, которая соответствует объему фильтрата, взятого для титрования, г.

Запись в тетради проводят по форме:

Таблица 4 – Определение различных видов кислотности (обменной и гидролитической)

Дата проведенный анализа	№ п.п.	№ образца	Глубина взятия, см	Вариант опыта	Пошло на титрование NaOH, мл	Кислотность мг - экв. на 100 г почвы (Нг)

Определение гидролитической кислотности почвы рН-метрическим методом

Принцип метода. Метод основан на обработке почвы 1,0 Н раствором уксуснокислого натрия по Каппену при соотношении почва: раствор = 1 : 2,5 с последующим рН-метрическим определением кислотности полученной суспензии.

Ход анализа. Пробу анализируемой почвы массой 30 г взвешивают и переносят в колбу (банку) на 200-250 мл и приливают 75 мл 1,0 Н раствора CH_3COONa .

Тщательно перемешивают почву с раствором и суспензию оставляют до следующего дня (можно заменить взбалтыванием на ротаторе в течение 1 часа). На следующий день снова тщательно перемешивают суспензию в течение 1 мин. и измеряют рН суспензии на рН-метре со стеклянным электродом. Предварительно необходимо

настроить рН-метр по буферным растворам.

Стеклянный электрод при переносе из одной почвенной суспензии в другую дистиллированной водой не обмывают.

Вычисление результатов анализа. Величину гидролитической кислотности почвы находят по полученным значениям рН (табл. 5).

Таблица 5 - Таблица для перевода ацетатной вытяжки в единицы гидролитической кислотности

рН	рН (сотые доли)									
	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
	Гидролитическая кислотность, мг-экв. на 100 г почвы									
6,0	17,3	16,9	16,6	16,2	15,8	15,8	15,2	14,9	14,5	14,2
6,1	13,9	13,6	13,3	13,1	12,8	12,5	12,2	12,0	11,7	11,5
6,2	11,2	11,0	10,8	10,5	10,3	10,1	9,84	9,64	9,44	9,23
6,3	9,04	8,83	8,65	8,45	8,28	8,11	7,92	7,76	7,59	7,41
6,4	7,28	7,11	6,97	6,81	6,69	6,53	6,38	6,25	6,11	5,98
6,5	5,85	5,73	5,61	5,48	5,37	5,25	5,14	5,03	4,92	4,82
6,6	4,71	4,61	4,52	4,42	4,32	4,23	4,14	4,05	3,96	3,82
6,7	3,79	3,71	3,63	3,56	3,48	3,40	3,33	3,26	3,19	3,13
6,8	3,05	2,99	2,92	2,86	2,80	2,74	2,68	2,62	2,57	2,52
6,9	2,46	2,41	2,35	2,31	2,25	2,21	2,16	2,11	2,07	2,02
7,0	1,98	1,94	1,90	1,86	1,82	1,78	1,74	1,70	1,67	1,63
7,1	1,60	1,56	1,53	1,50	1,46	1,43	1,40	1,37	1,34	1,31
7,2	1,28	1,26	1,23	1,20	1,18	1,15	1,13	1,10	1,08	1,06
7,3	1,03	1,01	0,99	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,85
7,4	0,83	0,81	0,80	0,78	0,76	0,75	0,73	0,72	0,70	0,66
7,5	0,67	0,66	0,64	0,69	0,61	0,60	0,59	0,58	0,56	0,55
7,6	0,54	0,53	0,52	0,51	0,48	0,48	0,47	0,46	0,45	0,44
7,7	0,43	0,43	0,42	0,41	0,40	0,39	0,38	0,37	0,37	0,36
7,8	0,35	0,34	0,33	0,33	0,32	0,31	0,31	0,30	0,29	0,29
7,9	0,28	0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23
8,0	менее	0,23	–	–	–	–	–	–	–	–

Использование результатов анализа. Расчет дозы извести на гектар в тоннах CaCO_3 ведут по величине гидролитической кислотности.

Прежде чем приступить к расчетам, необходимо установить, какое количество извести требуется для нейтрализации 1 мг-экв. водорода, т. е. определить весовое значение 1 мг-экв. CaCO₃. На нейтрализацию 1 мг-экв. водорода требуется 1 мг-экв. CaCO₃, или 50 мг CaCO₃ (100 – молекулярный вес CaCO₃ делим на валентность).

Расчет дозы извести в тоннах CaCO₃ на гектар пашни (слой почвы 20 см) ведется по формуле:

$$\text{Доза CaCO}_3 \text{ (в т/га)} = \text{Нг} \times 50 \times 10 \times 3\,000\,000 / 1\,000\,000\,000,$$

где Нг – гидролитическая кислотность; 10 – для пересчета Нг на 1 кг почвы; 50 – количество CaCO₃ в мг, равное 1 мг-экв.; 3000000 – вес пахотного слоя почвы (0-20 см) с гектара в кг в среднем; 100000000 – в знаменателе для перевода результатов из миллиграммов в тонны CaCO₃.

Когда устанавливают дозу извести, необходимо кроме величины кислотности учитывать биологические особенности культур севооборота и гранулометрический состав почвы. Поэтому полная доза извести, рассчитанная по величине гидролитической кислотности, не для всех культур и не на всех почвах является оптимальной. Оптимальная доза извести или соответствует гидролитической кислотности, или составляет какую-то часть ее (табл. 6).

Таблица 6 – Ориентировочные дозы извести по гидролитической кислотности в разных севооборотах

Севооборот	Тяжело- и средне-суглинистая почва	Легкосуглинистая и песчаная почва
Поле с многолетними травами и зерновыми культурами, комовой и овощной	1,0-1,5 Нг	1,5 Нг
Полевой с многолетними травами и льном	0,5-0,75 Нг	0,25-0,5 Нг
Полевой с картофелем	0,5-0,75 Нг	0,5 Нг

Рассчитанные любым способом умеренные нормы известкового материала (до 7-8 т/га) вносят в один прием, лучше под вспашку: при дозах 9 т/га и более необходимо послонное внесение, т.е. $\frac{2}{3}$ дозы вносят под вспашку, $\frac{1}{3}$ – под культивацию, что обеспечивает более полную нейтрализацию известкового удобрения в почве.

Приборы, посуда, реактивы: Весы ВТК-500, ВЛТК-500; рН-метр; банка (колба) с крышкой на 150-200 мл; конические (круглые) колбы на 150-200 мл; фильтр (фильтровальная бумага); пипетки на 25, 50 мл; мерный цилиндр на 100 мл; бумага для взвешивания; раствор 1 Н CH_3COONa (рН 8,3-3,4); раствор 0,1 Н щелочи; фенолфталеин.

Определение обменной кислотности и подвижного алюминия в почве по методу А. В. Соколова

Значение анализа. Определение в почве обменного водорода и обменного алюминия имеет существенное значение для агрономической характеристики почвы.

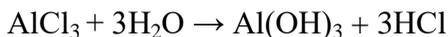
Оно позволяет решить вопрос о степени выраженности подзолообразовательного процесса и разрушенности почвенного коллоидного комплекса.

При возделывании льна, ячменя, клевера, яровой пшеницы, люцерны, свеклы, чувствительных к повышенной концентрации подвижного алюминия, необходимо отдельно определять содержание в почве ионов алюминия, так как они увеличивают обменную кислотность, оказывают токсичное действие на растения и усиливают переход растворимой фосфорной кислоты удобрений в нерастворимые формы.

Путем известкования почвы устраняется вредное действие алюминия.

Принцип метода. Подвижным называют алюминий, который вместе с ионами водорода легко переходит в солевую вытяжку при взаимодействии кислых почв (рНксл < 5) с раствором 1 Н KCl . В результате реакции образуется

гидролитически кислая соль AlCl_3 , которая гидролизуетя по уравнению:



Титрованием щелочью солевой вытяжки из почвы определяется обменная кислотность, обусловленная ионами H^+ , ионами Al^{3+} (1-е титрование).

Если же к почвенной вытяжке добавить фтористый натрий (NaF), то находящиеся в ней ионы Al^{3+} выпадут в осадок в виде комплексной соли Na_3AlF_6 (фтористый натрий-алюминий) по реакции:



В этом случае титрованием будет учтена только обменная кислотность, которая была вызвана поглощенными ионами H^+ (2-е титрование).

Разность между первым и вторым титрованием дает величину кислотности, возникающей в результате гидролиза хлористого алюминия. Обычно на второе титрование щелочи расходуется меньше, чем на первое.

Когда подвижного алюминия в почве нет, на первое и второе титрование расходуется одинаковое количество щелочи.

Содержание подвижного алюминия выражают в мг-экв. или в мг на 100 г почвы.

Ход анализа. 40 г воздушно-сухой почвы помещают в колбу (объем 250-300 мл) и приливают 100 мл 1,0 Н раствора KCl . Содержимое колбы взбалтывают 1 час и фильтруют через сухой складчатый фильтр в сухую колбу.

1. Определение общей обменной кислотности, обусловленной поглощенными ионами H^+ и Al^{3+} (1-е титрование), берут пипеткой 25 мл фильтрата в маленькую коническую колбу, нагревают до кипения и кипятят в течение 3

минут до удаления CO_2 , затем добавляют 2-3 капли фенолфталеина и титруют в горячем состоянии 0,01 Н раствором NaOH до исчезающей в течение 1 мин слабо-розовой окраски. Результат титрования записывают.

2. Определение обменной кислотности, обусловленной только поглощенными ионами H^+ (2-е титрование), берут 25 мл той же вытяжки, переносят в маленькую коническую колбочку и кипятят 3 мин. К раствору в колбочку приливают 3 мл 3,5%-ного раствора фтористого натрия для полного осаждения иона алюминия. Содержимое колбочки хорошо перемешивают, дают осадку отстояться примерно 5 мин., прибавляют 2-3 капли фенолфталеина и титруют 0,01 Н раствором NaOH до слабо-розовой окраски. Результаты титрования записывают.

Вычисление результатов анализа проводят по формулам:

$$\begin{aligned} X &= a \times K \times 0,01 \times 10, \\ X_1 &= a_1 \times K \times 0,01 \times 10, \\ X_2 &= X - X_1, \end{aligned}$$

где X – общая обменная кислотность, мг-экв. на 100 г почвы; X_1 – обменная кислотность, обусловленная только ионами водорода, мг-экв. на 100 г почвы; X_2 – обменная кислотность, эквивалентная содержанию подвижного алюминия, мг-экв. на 100 г почвы; a – количество 0,01 Н щелочи, пошедшее на 1-е титрование, мл; a_1 – количество 0,01 Н щелочи, пошедшее на 2-е титрование, мл; 0,01 – коэффициент для перевода результатов анализа, в мг-экв. (1 мл 0,01 Н NaOH содержит 0,01 мг-экв. вещества); 10 – коэффициент для пересчета на 100 г почвы.

Для выражения содержания подвижного алюминия в мг на 100 г почвы количество мг-экв. умножают на 9 (эквивалентную массу алюминия).

Приборы, посуда, реактивы: весы ВТК-500, ВЛТК-500; ротатор; электроплитка; коническая колба на 250 мл; конические термостойкие колбы на 100-150 мл; пипетки на 25, 50 мл; фильтры, (фильтровальная бумага); бумага для

взвешивания; раствор 1 Н КСl; титрованный раствор 0,01 Н щелочи; 3,5%-ный раствор фтористого натрия; фенолфталеин 1%-ный, спиртовой раствор.

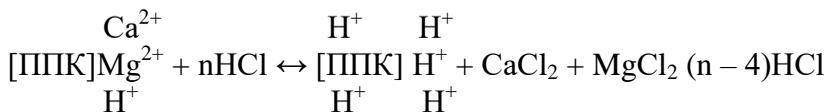
Определение суммы поглощенных (обменных) оснований по Каппену-Гильковицу

Значение анализа. Для характеристики почвы важно знать не только общее количество поглощенных ионов водорода, но и соотношение между ними и другими поглощенными катионами – Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ и др. Состав поглощенных катионов у различных почв разный. Он в большой степени влияет на свойства почвы. В дерново-подзолистых кислых почвах значительную, а иногда и большую часть поглощенных катионов составляют катионы водорода и алюминия. В черноземных почвах первое место среди поглощающих катионов принадлежит кальцию, магнию и ряду других катионов. В солонцеватых почвах и солонцах основное место среди поглощенных катионов занимает натрий.

Суммой поглощенных оснований называется количество поглощенных почвой катионов (за исключением водорода), способных к обмену. Она выражается в мг-экв. на 100 г почвы и обозначается буквой S.

Величина суммы поглощенных оснований характеризует поглощательную способность почвы и служит для вычисления емкости поглощения и степени насыщенности ее основаниями.

Принцип метода. Анализ основан на вытеснении поглощенных оснований ионом водорода титрованного раствора НСl (обычно 0,1 Н раствор НСl). Часть ее расходуется на вытеснение и нейтрализацию поглощенных оснований по схеме:



Сумма поглощенных оснований эквивалентна количеству соляной кислоты, израсходованной на их вытеснение, ее находят по разности между взятым количеством этой кислоты и ее остатком.

Остаток 0,1 Н НСl учитывают титрованием щелочью такой же концентрации.

Ход анализа. Навеску 20 г воздушно-сухой почвы перекосят в колбу емкостью 250-300 мл и приливают из бюретки или цилиндром 100 мл 0,1 Н НСl. Содержимое колбы хорошо перемешивают и взбалтывают в течение часа на ротаторе и оставляют стоять на 24 часа. Затем содержимое колбы перемешивают и фильтруют через сухой складчатый фильтр, стараясь перенести всю почву на воронку с фильтром. Первые мутные порции фильтрата отбрасывают.

Из прозрачного фильтрата берут пипеткой 50 мл фильтрата и переносят в коническую колбу на 150-200 мл, нагревают на асбестовой сетке на электрической плитке до кипения и кипятят 3-5 мин. После этого в горячий раствор добавляют 2-3 капли фенолфталеина и титруют 0,1 Н раствором до исчезающей в течение 1 мин. слабо-розовой окраски. Титрование иногда осложняется тем, что выпадает осадок полуторных окислов, которые переходят в раствор в результате разрушающего действия соляной кислоты на алюмосиликатную часть почвенного поглощающего комплекса. В этом случае осадку дают осесть на дно и проверяют окраску прозрачной жидкости над осадком.

Вычисление результатов анализа. Сумму поглощенных оснований определяют по разности между взятым и оставшимся неизрасходованным количеством соляной кислоты по формуле:

$$S = (aK_1 - bK_2) \times 10 \times 0,1,$$

где S – сумма поглощенных оснований мг-экв. на 100 г почвы; a – количество фильтрата, взятое для титрования, мл; K₁ – поправка к

титру 0,1 и раствора HCl; b – количество 0,1 N щелочи, пошедшей на титрование избытка соляной кислоты, мл; K_2 – поправка к титру 0,1 и раствора щелочи; 10 – коэффициент для пересчета на 100 г почвы; 0,1 – для перевода результатов анализа в мг-экв.

Приборы, посуда и реактивы: весы ВТК-500, ВЛТК-500; бумага для взвешивания; фильтровальная бумага, фильтры; банка или колба с крышкой на 200-250 мл; цилиндр на 100 мл; бюретка на 50,100 мл; ротатор; воронка; коническая колба на 200-250 мл; коническая колба на 150-200 мл; пипетки на 25, 50 мл; электроплитка, газовая горелка; почва; 0,1 N HCl; фенолфталеин; 0,1 н. раствор NaOH.

Вычисление степени насыщенности почв основаниями

Назначение определения. Наличие в поглощающем комплексе почвы поглощенных водородных ионов вызывает так называемую ненасыщенность их. Это означает, что некоторая часть мест, отвечающих коллоидно-химической поглотительной способности (в поглощающем комплексе) почвы, не занята основаниями Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ и др. а замещена ионами водорода. Чем больше эта часть, тем кислее почва.

Если за меру всей обменной поглотительной способности почвы (ЕКО) принять общее количество катионов, которое она способна удержать, то

$$EKO = S + Hг$$

где S – сумма поглощенных оснований; Hг – гидролитическая кислотность, в мг-экв. на 100 г почвы.

Чтобы ненасыщенность выразить в относительных величинах (%), надо: $Hг / EKO \times 100\%$ тогда по этому признаку можно сравнивать между собой различные типы почв и обосновать такие важные мероприятия, как извест-

кование и фосфоритование почв. Гораздо чаще, однако, принято вычислять и пользоваться показателем насыщенности почв основаниями (V), которая равна:

$$V (\%) = S / \text{ЕКО} \times 100$$

В зависимости от степени насыщенности основаниями кислые почвы по нуждаемости в известковании делят на группы:

I группа – почвы со степенью насыщенности основаниями 50% и меньше. Такие почвы сильно нуждаются в известковании. Известь вносят на этих почвах в первую очередь;

II группа – почвы со степенью насыщенности основаниями 50-70%. Почвы средне нуждаются в известковании и вопрос об их известковании решается в зависимости от величины рН солевой вытяжки;

III группа – почвы со степенью насыщенности основаниями 70% и выше. Эти почвы слабо нуждаются в известковании;

IV группа – почвы со степенью насыщенности основаниями более 80% в известковании не нуждаются.

Использование результатов определения. Показатель степени насыщенности почвы основаниями дает весьма ценную ориентировку при обосновании необходимости известкования и возможности фосфоритования почв.

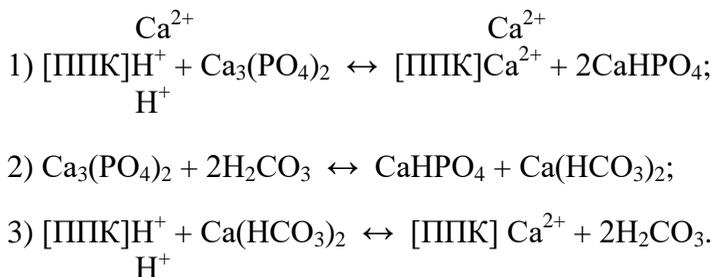
Доза извести вычисляется по величине гидролитической кислотности. Чтобы решить вопрос о том, надо или не надо известковать почву, необходимо, помимо абсолютной величины гидролитической кислотности, знать еще и ее относительное место в поглощающем комплексе. Чем меньше степень насыщенности основаниями (при одинаковой абсолютной величине кислотности), тем сильнее потребность почв в известковании.

**Определение возможности использования фосфоритной
муки в чистом виде по методу Б.А. Голубева
(фосфоритование почв)**

Для решения вопроса о возможности эффективного использования фосфоритной муки необходимо иметь данные по содержанию подвижного фосфора в почве, гидролитической кислотности и емкости поглощения. На кислых почвах с повышенной гидролитической кислотностью применение фосфоритной муки решает несколько задач: 1) увеличение содержания в почве необходимого растениям фосфора; 2) некоторое снижение почвенной кислотности; 3) увеличение степени насыщенности почвы основаниями (Ca^{2+}).

Разложение фосфоритной муки и замещение кальцием обменного поглощенного водорода возможно при обменной реакции между частичками фосфоритной муки и почвенно-поглощающим комплексом, а также при действии на нее углекислоты, находящейся в почве.

Схема реакций:



Фосфоритная мука труднорастворимое, но самое дешевое фосфорное удобрение. Поэтому представляется возможным замена ею более дорогого суперфосфата.

Условия эффективного фосфоритования почв следующие:

- 1) очень низкая и низкая обеспеченность почв доступным для растений фосфором;
- 2) наличие гидролитической кислотности 2,0-2,5 мг-экв. на 100 г почвы и более.

По Б.А. Голубеву действие фосфоритной муки приближается к действию суперфосфата, когда:

а) емкость поглощения почвы 10 мг-экв. и Нг около 3,0-3,5 мг-экв. на 100 г почвы;

б) емкость поглощения колеблется от 10 до 30 мг-экв. и Нг около 4,0-6,0 мг-экв. на 100 г почвы;

в) емкость поглощения более 30 мг-экв. и Нг от 6,0 до 7,0 мг-экв. на 100 г почвы.

Фосфоритная мука действует не хуже суперфосфата, когда гидролитическая кислотность $Hг = 3 + 0,1 EKO$ мг-экв, на 100 г почвы.

Фосфоритование проводят стандартной фосфоритной мукой тонкого помола.

Лучше других культур на фосфоритование отзывается гречиха, горчица, люпин и другие бобовые культуры.

Контрольные вопросы и упражнения для самопроверки

1. Основные закономерности обменного поглощения катионов. Влияние состава поглощенных катионов на свойства почвы.

2. Емкость поглощения основных типов почв (объясните различия в емкости поглощения).

3. Обменное и необменное поглощение катионов почвой. Приемы по снижению необменного поглощения почвой катионов.

4. Влияние промышленных и органических удобрений на реакцию и буферность почв.

5. Виды кислотности почв. Определение потребности почвы в известковании

6. Значение известкования в связи с химизацией сельского хозяйства. Экономическая эффективность этого приема.

7. Особенности известкования в севооборотах со льном и картофелем. Причина отрицательного действия повышенных доз извести на эти культуры.

8. Основные химические мелиоранты для известкования. Агрохимические требования к ним.

9. Используемая техника при проведении этих работ.

10. Сроки и способы внесения химических мелиорантов.

11. Дозы извести в севооборотах различной специализации. Взаимодействие извести с почвой.

12. Способы определения доз извести. Влияние известкования на мобилизацию питательных веществ почвы.

13. По данным анализов в почвах с различных участков обнаружено 0,2; 0,6; 0,95; 1,5 мг-экв. Al на 100 г почвы. Сделайте заключение о содержании алюминия в почве и мерах по устранению отрицательного действия алюминия на растения.

14. Можно ли вместо суперфосфата использовать фосфоритную муку, если почва бедна подвижными формами фосфора, Нг = 15 мг-экв. на 100 г почвы – 7 мг-экв. на 100 г почвы?

15. Установите потребность почвы в известковании и очередности известкования по следующим данным:

№ почвы	Нг	ЕКО
	мг-экв. на 100 г почвы	
1	8	40
2	4	9
3	3	5

16. Как относятся различные растения к кислотности почв и известкованию?

17. В чем состоит отрицательное действие повышенной кислотности на растения и свойства почвы?

18. Как влияет известкование кислых почв на урожайность и эффективность органических и минеральных удобрений?

19. Какие материалы используют для известкования кислых почв? Дайте их краткую характеристику.

20. Что такое полная доза извести, как она устанавливается?

21. Какими способами и когда вносится известь?

22. Особенности применения известковых удобрений в зимних условиях.

2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УДОБРЕНИЯХ ПО СОДЕРЖАНИЮ В ПОЧВЕ УСВОЯЕМЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ

Основная и наиболее актуальная проблема современной агрохимии это установление потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях. Казалось бы, достаточно располагать данными агрохимических анализов почвы, почвогрунтов, питательных смесей или растворов, чтобы знать точно, какой урожай может обеспечить почва, почвогрунт или субстрат и сколько необходимо вносить питательных веществ в виде удобрения для получения запланированного урожая и обеспечения непрерывного увеличения плодородия земель. Однако доказано, что почвенные анализы могут дать лишь общее представление о балансе питательных веществ. И несмотря на значительные успехи, достигнутые в проведении агрохимических анализов, и широкое использование изотопной методики и математической статистики, к сожалению, агрохимии еще далеки от точного прогноза потребности в удобрениях культур и эффективности туков. Также следует отметить, что на питательный режим, который во время вегетации растений подвергается значительным изменениям, накладывают отпечаток условия тепла, влажности и аэрации почвы, а также немаловажным при этом представляется количество и состав сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур.

Методы определения доз удобрений. В настоящее время для определения доз удобрений используют различные методы. Среди которых особо следует отметить прогнозирование потребности растений в удобрениях на основе полевого опыта, почвенной и растительной диагностики (визуальной, химической).

Полевой опыт. Практика показала, что для правильного использования удобрений надежным критерием является полевой опыт по учету действия удобрений.

Большие затраты средств и времени на проведение полевых опытов вынуждают специалистов дополнить подручными методами изучение потребности растений в удобрениях.

Растительная диагностика (анализ растений). По результатам агрохимических анализов почвы можно судить о ее насыщенности питательными веществами, степени их подвижности и доступности растениям. Однако количество действительно доступных растениям веществ можно установить только с помощью самого растения. В полевом опыте с удобрениями ответ на вопрос, какие именно элементы требуется вносить на данной почве и под данную культуру, будет получен лишь в конце года, а важно знать обеспеченность растений элементами питания в процессе формирования урожая. С этой целью наряду с анализами почвы с полевыми опытами с удобрениями необходим контроль за питанием растений в течение вегетации. Этому способствуют методы растительной диагностики.

Почвенная диагностика – контроль за питанием растений на основе анализа почвы и субстратов.

Количество того или иного питательного вещества в почве, выраженное в % к весу всей массы почвы (или определенного горизонта), показывает общее валовое его содержание. Валовое содержание питательных элементов дает только общее представление о наличии его в почве. По этим данным еще трудно сделать какие-либо конкретные выводы об обеспеченности растений питательными веществами и необходимости внесения удобрений. Лишь незначительная часть от общего содержания элемента может быть использована растением для своего питания. Эту часть принято называть *усвояемой для растений*.

Усвояемые питательные вещества находятся в растворимой форме, чем остальная часть, поэтому их называют *подвижными формами питательных веществ*.

Усвояемыми питательными веществами являются не только те, которые в данный момент находятся в легкорастворимом состоянии, но также и те формы, которые могут быть сравнительно быстро мобилизованы.

Усвояемыми питательными веществами являются все водорастворимые соли, а также катионы питательных солей, находящихся в обменном состоянии, частично кислоторастворимые соли. Следовательно, этот термин не подразумевает какую-то определенную группу химических соединений. Усвояемость питательных веществ растениями зависит не только от их химической природы, но и от времени года, вида, возраста растений и других факторов. Например; трехкальциевые фосфаты будут недоступными для злаков, хорошо усваиваются корневой системой люпинов. Молодые растения хуже используют фосфаты почвы, чем взрослые. Для правильного применения удобрений необходимо учитывать содержание в почве подвижных питательных веществ. Наибольшее значение имеет определение в почве доступного азота, фосфора и калия.

Определение подвижного азота в почве по методу И.В. Тюрина и М.М. Кононовой

Значение анализа. Минерального азота (нитраты, нитриты, аммиак) в почве мало, обычно не больше 1 % общего его количества: растения потребляют азот почти исключительно в минеральной форме. Остальной почвенный азот находится в форме органических веществ, часть которых при благоприятных условиях минерализуется и пополняет запас усвояемого азота в почве.

Весь азот, который может в ближайшее время быть доступным для растений, называется легкогидролизуемым. К нему относится весь минеральный и легко минерализу-

ющийся органический азот. Содержание легкогидролизуемого азота зависит, прежде всего, от наличия в почве гумуса и общего азота. Содержание подвижных легкогидролизуемых форм азота в дерново-подзолистых почвах можно определить по количеству в них общего азота или подвижного фосфора. По обобщенным данным ВНИИ агрохимии и агропочвоведения в дерново-подзолистых почвах среднее содержание легкогидролизуемого азота составляет 4-7% общего его количества. Рассчитывать лучше по минимальному значению – 4%.

Если предположить, что содержание общего азота в почве равно 0,1%, тогда количество легкогидролизуемого азота окажется равным 0,004%, что соответствует 4 мг на 100 г почвы.

Определение обеспеченности почвы азотом по содержанию в ней фосфора еще легче: смотрят, к какому классу относится почва по обеспеченности подвижным фосфором, и по этому выбирают содержание легкогидролизуемого азота

Наиболее точно содержание легкогидролизуемого азота можно определить путем химического анализа почвы.

Принцип метода. Авторы предлагают для определения подвижных форм азота подвергать органическое вещество почвы гидролизу при помощи 0,5 Н H_2SO_4 , на холоде, с последующим определением общего количества азота, перешедшего в вытяжку. В этих условиях учитывают как минеральный азот (NH_4 и NO_3), так и легкогидролизуемый органический азот (аминокислоты, амиды кислот, легкогидролизуемые группы белковых веществ), которые можно условно рассматривать как непосредственный источник образования минеральных форм азота в почве в ближайшее время.

Ход анализа. 20 г воздушно-сухой почвы тщательно взбалтывают в течение 3 минут со 100 мл 0,5 Н H_2SO_4 в

колбе емкостью 250-300 мл и оставляют стоять на 16-18 часов (на ночь). Затем вытяжку фильтруют через сухой складчатый фильтр. В коническую колбу 100-150 мл берут 25-50 мл прозрачного фильтрата, прибавляют к нему для восстановления нитратов до аммиака 0,5 г смеси цинковой пыли с восстановленным железом (9 частей цинка и 1 – железа) и нагревают до кипения и полного растворения прибавленной смеси. Колбу во время нагревания закрывают воронкой во избежание выбрасывания жидкости. После охлаждения из бюретки прибавляют 5 мл H_2SO_4 (уд. вес 1,84) и выпаривают жидкость на слабом газовом пламени или электрической плитке до появления белых паров и побурения жидкости.

После этого добавляют 2 мл 20%-ной хромовой кислоты или 2,5 мл 20%-ного раствора двуххромовокислого калия, закрывают колбочку маленькой вороночкой (трубка внутрь) и кипятят в течение 10 минут, до полного позеленения. Охладив колбу и перенеся ее содержимое в отгонную колбу на аппарате Кьельдаля емкостью 300-500 мл, обмывают первую колбочку несколько раз дистиллированной водой с таким расчетом, чтобы общее количество жидкости достигло объема 100-120 мл. В то же время готовят приемник для отгоняемого аммиака: в стакан емкостью 250-300 мл наливают 15 мл 0,02 N раствора H_2SO_4 , прибавляют 5 капель индикатора конго красного. В отгонную колбу прибавляют 20 мл 50%-ного раствора NaOH , опускают кусочек цинка для равномерного кипения и присоединяют колбу к каплеуловителю (делают это быстро, но осторожно), который соединен со стеклянной трубкой, опущенной в приемник и 15 мл 0,02 N раствора H_2SO_4 .

В течение 30 мин. – 1 часа отгоняют аммиак. Окончание отгона контролируют реактивом Несслера, который с аммиаком дает желтое окрашивание.

Посинение лакмусовой бумажки также указывает на

присутствие аммиака, который вследствие щелочной реакции своего водного раствора вызывает это изменение цвета лакмуса. Часть взятой в приемник кислоты идет на связывание аммиака, остаток же несвязанной H_2SO_4 оттитровывают 0,02 Н NaOH.

Перед титрованием содержимое стакана (дистиллят) необходимо прокипятит для удаления углекислоты. Вычисляют количество подвижного азота в почве, имея в виду, что 1 мл 0,02 Н H_2SO_4 соответствует 0,28 мг азота.

Вычисление результатов. Содержание легкогидролизуемого азота в мг на 1 кг абсолютно сухой почвы можно рассчитать по формуле:

$$X = (15 \times T_1 - a \times T_2) \times 0,28 \times 1000 \times 100 / N \times (100 - y),$$

где 15 – количество мл в 0,02 Н NaOH, взятой в приемную колбу при отгоне аммиака; T_1 – поправка к титру; a – количество мл 0,02 Н NaOH, израсходованное на титрование несвязанной аммиаком кислоты в приемной колбе; T_2 – поправка к титру; 0,28 – миллиграммы азота, отвечающие 0,02 Н H_2SO_4 ; N – навеска почвы, отвечающая объему анализируемого фильтрата; 1000 – коэффициент пересчета результатов анализа на 1 кг почвы; y – гигроскопическая влага почвы, в процентах.

Оборудование и реактивы: аппарат Кьельдаля; аналитические весы; колба емкостью 250-300 мл; коническая колба 100-150 мл; бюретка; электрическая плитка; маленькая воронка; стакан емкостью 250-300 мл; 0,5 Н H_2SO_4 ; смесь восстановленного железа и цинка в отношении 1:9; серная кислота химически чистая, уд. вес 1,84; 20%-ный раствор $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; соли растворяют дистиллированной водой и доводят до 100 мл; 50%-ный раствор NaOH; индикатор конго красное; 0,02 Н H_2SO_4 ; гранулы цинка; 0,02 Н NaOH. Все реактивы не должны содержать азота.

Определение аммиачного азота реактивом Несслера

Значение анализа. Растения в процессе питания используют как нитратный, так и аммиачный азот. Перед применением азотных удобрений важно знать, какое количество аммиачного азота содержится в почве. Аммиак в почве образуется в результате аммонификации – разложения азотосодержащих органических соединений. Поскольку микробиологические процессы в почве могут изменить содержание аммиака, то его определяют в свежих ее образцах без предварительного высушивания.

Для пересчета полученных данных на сухую навеску одновременно определяют влажность анализируемой почвы. Берут в бюкс 5-7 г почвы и высушивают ее в течение 6-8 часов при температуре 100-105 °С.

Так как аммиак в почве находится преимущественно в поглощенном состоянии, то для его извлечения применяют раствор хлористого калия. В дальнейшем аммиак определяют колориметрически с помощью реактива Несслера. При определении аммиака следует, чтобы все реактивы и дистиллированная вода, применяемые в анализе, были свободны от аммиака.

Ход анализа. Взвешивают на технохимических весах 20 г почвы и переносят в колбу емкостью 300-500 мл. Приливают в колбу 60 мл 1 Н раствора КСl, прибавляют 3-5 капель толуола и взбалтывают содержимое в течение 5 мин. Отфильтровывают вытяжку через предварительно промытый хлористым калием фильтр. Первые мутные порции фильтрата снова переносят на тот же фильтр. Для анализа собирают только прозрачный раствор. Промывают почву на фильтре (и в колбе, если она там оставалась) 1 Н раствором КСl до отрицательной реакции с реактивом Несслера. Измеряют и записывают общий объем фильтрата. Если фильтрат бесцветен, то можно его готовить к ко-

лориметрированию. Если же он окрашен, то часть фильтра или весь доводят содой до щелочной реакции и перегоняют на приборе Кьельдаля в приемник с холодной дистиллированной водой. Полноту отгона устанавливают реактивом Несслера. Для колориметрирования берут определенный объем бесцветной прозрачной жидкости в мерную колбу на 100 мл. Жидкости надо взять столько, чтобы при прибавлении реактива Несслера получился раствор светло-желтого цвета. В колбу прибавляют 4 мл сегнетовой соли ($C_4H_4O_6KNa$) для устранения вредного влияния катионов кальция и магния, которые с KOH , содержащимся в реактиве Несслера дают заметное помутнение, что мешает колориметрированию. Приливают 4 мл реактива Несслера и доводят объем жидкости в колбе дистиллированной водой до 100 мл. Закрывают колбу пробкой и раствор тщательно перемешивают. Одновременно готовят шкалу образцовых растворов. Отмеривают микробюреткой по 1,5, 10, 15 и 20 мл образцового раствора и помещают в мерные колбы на 100 мл. В каждую из них добавляют 70 мл дистиллированной воды, 4 мл реактива Несслера и доводят их объемы дистиллированной водой до 100 мл. Колбы закрывают и содержимое тщательно перемешивают. Через 15 минут после приготовления растворов подбирают на глаз к испытуемому раствору наиболее близкий по окраске образцовый раствор и колориметрируют.

Колориметрирование дает лучшие результаты, когда разница в окрасках между растворами небольшая, то есть соотношение близко к единице.

При колориметрировании на ФЭЖе предварительно строят градуировочную кривую. Для этого измеряют оптическую плотность образцовых растворов с синим светофильтром в кювете 50 мл.

Затем определяют оптическую плотность испытуемого раствора с тем же светофильтром, для той же кюветы и

на том же барабане, для которых получена градуировочная кривая. По ней находят концентрацию, соответствующую данному значению оптической плотности, и вычисляют содержание NH_3 по формуле:

$$A = a \times V \times 1000 \times K_{\text{H}_2\text{O}} / V_1 \times C,$$

где A – содержание NH_3 (в мг на 1 кг сухой почвы); a – количество NH_3 (в мг на 100 мл), найденное на градуировочной кривой; V – общий объем фильтрата, мл; V_1 – объем фильтрата, взятого для приготовления испытуемого раствора, мл; C – навеска почвы для приготовления фильтрата; 1000 – коэффициент пересчета на 1 кг почвы; $K_{\text{H}_2\text{O}}$ – коэффициент пересчета на сухую почву.

Реактивы и оборудование: аналитические весы; коническая колба на 300-500 мл; фильтровальная бумага; мерные колбы на 100 мл; фотоколориметр; дистиллированная вода без аммиака; 1 Н КСl; реактив Несслера; раствор сегнетовой соли; толуол; образцовый раствор аммиачного азота.

Образцовый раствор готовят следующим образом: растворяют в воде 0,705 г NH_4Cl в литровой мерной колбе и 10 мл этого раствора разводят водой в мерной колбе до 500 мл. В миллилитре данного раствора (титр) содержится 0,0047 мг NH_3 , или 0,00389 мг N.

Колориметрическое определение нитратного азота дисульфифеноловым методом Грандвалля-Ляжу

Значение анализа. По количеству нитратов можно судить об окультуренности почвы, так как для этого процесса наиболее благоприятны условия, характерные для структурных, хорошо аэрируемых почв. Количество нитратов в большей части почв (особенно кислых) ничтожно мало, к тому же они обладают большой подвижностью, которая служит причиной их исчезновения из пахотного горизонта в условиях обильного увлажнения. Зная содержа-

ние нитратов, можно характеризовать степень обеспеченности почвы минеральным азотом.

Принцип метода. Нитраты извлекаются из почвы водой при отношении 1:5. В полученной водной вытяжке нитрат-ион определяют колориметрически, с дисульфохеноловой кислотой, по желтой окраске нитросоединения, образующегося в щелочной среде.

Ход анализа. Лучше проводить анализ в образцах с естественной влажностью, при параллельном определении в них влаги. 50 г почвы переносят в круглую колбу емкостью 500 мл, приливают 250 мл дистиллированной воды и взбалтывают на ротаторе 3 мин. Отфильтровывают вытяжку через складчатый фильтр. Мутные порции фильтрата снова переносят на тот же фильтр. Вытяжка для колориметрического определения нитратов должна быть бесцветной. Если фильтрат получается все же мутным или окрашенным, его обесцвечивают прибавлением к 100 мл отфильтрованной жидкости 0,8-2,0 мл сульфата аммония, тщательно перемешивают и добавляют 0,5-1 мл КОН, снова тщательно перемешивают и отфильтровывают. Для обесцвечивания применяют 13%-ный $Al_2(SO_4)_3 \times 18H_2O$ и 7%-ный раствор КОН.

Отмеряют пипеткой 50 мл отфильтрованной прозрачной жидкости и помещают в фарфоровую чашку диаметром 7 см. Одновременно берут пипеткой 10 мл образцового раствора и помещают в другую фарфоровую чашку. Количество испытуемого и образцового раствора можно уменьшить или увеличить в зависимости от ожидаемого содержания нитратов в анализируемой почве.

Если в вытяжке много аммонийных солей (проверить реактивом Несслера), необходимо прибавить к ней несколько капель 10%-ного K_2SO_4 .

Выпаривают содержимое чашек досуха на водяной бане. Одновременно выпаривают 5, 10, 20, 50 мл образцо-

вого раствора. Снимают чашки с бани, охлаждают, прибавляют в каждую точно по 1 мл дисульфифеноловой кислоты и смесь растирают закругленным оплавленным концом стеклянной палочки.

Проводят эту работу так, чтобы вся дисульфифеноловая кислота вступила в реакцию с сухим остатком раствора, который почти незаметен на стенках чашки. После растирания оставляют чашки на 10 минут для полного завершения реакции. Стеклянные палочки из чашек не вынимают.

Прибавляют в каждую чашку по 10 мл дистиллированной воды и хорошо размешивают содержимое теми же палочками.

Нейтрализуют кислый раствор в чашках 1%-ным раствором NaOH до щелочной реакции. Для этого помещают в чашки по кусочку лакмусовой бумажки (по 0,25 см²) и из пипетки подливают щелочь небольшими порциями, помещивая содержимое стеклянной палочкой до тех пор, пока окраска лакмусовой бумажки из красной не перейдет в синюю. Этот переход совершается не сразу, поэтому перед концом нейтрализации надо быть внимательным и прибавлять щелочь небольшими порциями. На конец нейтрализации укажет также и исчезающая желтая окраска. При появлении исчезающей желтой окраски добавляют еще одну каплю щелочи и заканчивают нейтрализацию.

Переносят окрашенные растворы в мерные колбы на 100 мл. Для этого раствор из чашечки осторожно по палочке сливают через маленькую воронку. Затем чашечку вместе с палочкой обмывают 3-5 раз дистиллированной водой, каждый раз сливая промывные воды в ту же колбу. Образцовые растворы также перенести в колбы. После этого в нее доливают дистиллированную воду до черты, закрывают пробкой и содержимое тщательно перемешивают.

На глаз сравнивают колбы с образцовыми и испытуемыми растворами и, если цвета их окажутся близкими,

приступают к колориметрированию.

Если же растворы окажутся по окраске разными, то более крепкий разбавляют, взяв из него пипеткой определенный объем, например, 5, 10, 20 или 50 мл, переносят в мерную колбу, доливают водой до метки и тщательно перемешивают.

Можно так же, как и при определений аммиачного азота, готовить шкалу образцовых растворов, беря для выпаривания 1, 5, 10, 15, 20, 25 и 30 мл образцового раствора.

При вычислении результатов определения надо учитывать разбавление.

После того, как будут подобраны близкие по окраске растворы, приступают к колориметрированию. Измеряют оптическую плотность приготовленных образцовых растворов (при синем светофильтре для кюветы 50 мл) и строят градуировочную кривую.

После этого определяют оптическую плотность испытуемого раствора при том же светофильтре, с той же кюветой и на том же барабане, с которыми проводили испытание образцовых растворов.

Зная величину оптической плотности испытуемого раствора, по градуировочной кривой находят соответствующую ей концентрацию и по формуле вычисляют содержание нитратов:

$$A = a \times V \times 1000 \times \text{K}_{\text{N}_2\text{O}} / V_1 \times C,$$

где A – содержание NO_3 (в мг на 1 кг сухой почвы); a – количество NO_3 (в мг на 100 мл), найденное на градуировочной кривой; V – общий объем фильтрата, мл; V_1 – объем фильтрата, взятого для приготовления испытуемого раствора, мл; C – навеска почвы для приготовления фильтрата, г; 1000 – коэффициент пересчета на 1 кг почвы; $\text{K}_{\text{N}_2\text{O}}$ – коэффициент пересчета на сухую почву.

Принятые градации по обеспеченности почв азотом представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Обеспеченность почв легкогидролизуемым азотом (мг на 100 г почвы)

Показатель	рН ниже 5			рН 5-6			рН выше 6		
	зерновые культуры	картофель и корнеплоды	овощные культуры	зерновые культуры	картофель и корнеплоды	овощные культуры	зерновые культуры	картофель и корнеплоды	овощные культуры
Очень низкая	< 4	< 5	< 7	< 3	< 4	< 6	< 3	< 4	< 5
Низкая	< 5	< 7	< 10	< 4	< 6	< 8	< 4	< 5	< 7
Средняя	5-7	7-10	10-14	4-6	6-8	8-12	4-5	5-7	7-10
Высокая	> 7	> 10	> 14	> 6	> 8	> 12	> 5	> 7	> 10

Таблица 8 – Дозы азотных удобрений (аммиачная селитра) для первой весенней подкормки озимых культур в зависимости от содержания минерального азота в почве и густоты стояния растений

Запас азота в слое почвы 0-60 см, кг/га		Доза азота (кг/га) при количестве растений на 1 м ²			
N-NO ₃ + N-NH ₄	в т. ч. N-NO ₃	рожь пшеница	менее 250 менее 300	250-350 300-400	более 350 более 400
90-120	менее 20		60-70	60	30
	20-50		30-40	30	20
120-150	менее 30		60	30	–
	30-60		30	–	–
150-180	30-40		20	–	–
	более 40		–	–	–

Оборудование и реактивы: фотоколориметр; ди-сульфофеноловая кислота; 13%-ный Al₂(SO₄)₃ и 7%-ный KOH; реактив Несслера; 10%-ный раствор K₂SO₄; 10%-ный NaOH; образцовый раствор нитратного азота (KNO₃), который готовится следующим образом: 0,163 г химически чистого сухого KNO₃ растворяют и доводят объем в мерной колбе до 1 л. Последний раствор – образцовый и содержит в 1 мл 0,01 мг KNO₃.

Ионометрический экспресс-метод определения нитратного азота в почвах

Сущность метода. Метод основан на измерении активности нитрат-иона ионоселективным электродом в солевой суспензии 1%-ного раствора алюмокалиевых квасцов при соотношении пробы и раствора алюмокалиевых квасцов 1 : 2,5 для почв. Определение нитратного азота в почве возможно также и в фильтрах водной и 0,05%-ной K_2O_4 вытяжках при соотношении пробы и экстрагента 1 : 2,5.

Ион селективный электрод используется для определения нитратного азота во всех почвенных разностях, кроме засоленных почв.

Подготовка проб к анализу. Образцы почв, поступившие на анализ для определения нитратного азота, высушивают при температуре до 40 °С, измельчают и пропускают через сито с отверстиями диаметром 2 мм. Перед отбором пробы анализируемый материал необходимо тщательно перемешать. Навеска для анализа должна быть отобрана не менее чем из пяти мест усредненного материала.

Образцы почв, поступившие для определения нитратного азота в сыром материале, тщательно перемешивают и пропускают через сито с отверстиями диаметром 5 мм. Затем не менее чем из 5 мест отбирают пробу для анализа.

Ход анализа. Пробы почвы массой 20 г помещают в 250 мл колбы, приливают 50 мл 1%-ного раствора алюмокалиевых квасцов или другого экстрагента и перемешивают почву с раствором на ротаторе в течение 3 минут. В полученной суспензии нитратным ион-селективным электродом измеряют активность иона нитрата.

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

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

Использование результатов анализов. Полученные данные позволяют дать ориентировочную оценку обеспеченности почвы подвижным азотом. Это имеет важное значение при проведении бонитировочных работ в разработке системы удобрения. И.В. Тюрин и М.М. Кононова на основании полевых исследований дают примерные индек-

сы (табл. 7), характеризующие соотношение между легкогидролизуемым азотом в подзолистой почве и отзывчивостью растений на азотные удобрения. Следует помнить, что цифровые градации отзывчивости подзолистой почвы на азотные удобрения имеют лишь условное значение. В действительности эффективность азотных удобрений зависит не только от содержания в почве доступных форм азота, но и от биологических особенностей самих растений, физического состояния почвы и активности протекающих в ней микробиологических процессов, от обеспеченности растений водой, а также фосфором, калием и другими элементами питания.

Доза внесения азотных удобрений в значительной мере будет определяться и величиной планируемой урожайности.

Аппаратура, материалы и реактивы: иономер, рН-милливольтметр, ион-селективный нитратный электрод; электрод сравнения – хлорсеребряный насыщенный электрод; весы аналитические; дозатор вместимостью 50 мл для добавления алюмокалиевых квасцов, погрешность дозирования не более 1%; ротатор.

Приготовление растворов. Приготовление 1%-ного раствора алюмокалиевых квасцов: алюмокалиевые квасцы массой 10 г взвешивают с погрешностью не более 0,1 г. растворяют в дистиллированной воде и доводят объем до 1 л; для приготовления 10%-ного раствора – 100 г алюмокалиевых квасцов: растворяют в дистиллированной воде в мерной колбе вместимостью 1000 мл.

Определение подвижных форм фосфора и калия в почвах по методу Кирсанова

Принцип метода. Метод основан на извлечении фосфора и калия из почвы 0,2 Н раствором соляной кислоты при соотношении почва : раствор = 1 : 5 с последующим определением фосфора в виде молибденовой соли на фото-

электроколориметре и калия на пламенном фотометре.

Метод не распространяется на анализ карбонатных почв.

Ход анализа. 10 г воздушно-сухой почвы, пропущенной через сито диаметром 2 мм, пересыпают в банки (колбы емкостью 250 мл), установленные в специальные 10-позиционные кассеты. Из 10 позиционного дозатора к почве приливают 50 мл 0,2 Н раствора соляной кислоты, взбалтывают в течение 1 минуты на мешалке или руками. После отстаивания в течение 15 минут суспензию фильтруют, экстракцию фосфора и калия из почвы проводят при температуре 18 ± 3 °С. Для определения фосфора отбирают дозатором (пипеткой) по 5 мл фильтрата в колбочку на 100 мл; затем приливают к пробам фильтрата с помощью дозатора 95 мл реактива Б и перемешивают. Аналогично проводят окрашивание образцовых растворов. Не ранее чем через 10 мин. приступают к определению фосфора на фотоколориметре с красным светофильтром.

При определении фосфора допускается одновременное уменьшение объемов отбираемой вытяжки для окрашивания и окрашивающего реактива в 2 раза, при условии, что погрешность дозирования объемов не более 1%.

Приготовление шкалы образцовых растворов для определения фосфора. Приготовление исходного образцового раствора фосфата. 0,192 г однозамещенного фосфата калия взвешивают с погрешностью не более 0,001 г, растворяют в 0,2 Н растворе соляной кислоты, доводят объем в мерной колбе до 1 л. Полученный раствор содержит 0,1 мг P_2O_5 в 1 мл.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Объем исходного раствора фосфора, мл	0	5	15	25	50	75	100	125	150	200	250
Содержание фосфора мг P_2O_5 на 1 кг почвы	0	5	15	25	50	75	100	125	150	200	250

В мерную колбу емкостью 500 мл отбирают количество исходного раствора фосфата, приготовленного по выше указанной методике в таблице объем доводят до 500 мл 0,2 нормальной соляной кислоты.

Шкалу образцовых растворов просматривают до и после колориметрирования испытуемых растворов.

Приготовленные образцовые растворы анализируются в порядке возрастания, и записывают отсчёты по каждому раствору. По полученным данным строят график в достаточно крупном масштабе, откладывая по горизонтальной оси (ось абсцисс) известные концентрации, а по вертикальной (ось ординат) – соответствующие им оптические плотности. Проведя через отложенные точки линию, получают градуировочную кривую.

После анализа рабочих растворов находят содержание P_2O_5 мг на 1 кг почвы.

Определение калия. Калий определяют на пламенном фотометре, непосредственно распыляя вытяжку в пламя. Используют светофильтр, пропускающий аналитические линии 765,5; 769,5 м. Содержание калия в анализируемых почвах находят по рабочей шкале образцового раствора непосредственно в мг K_2O на 1 кг почвы.

Приготовление образцовых растворов для определения калия. Приготовление исходного образцового раствора. 0,792 г хлористого калия, взвешенного с погрешностью не более 0,001 г, растворяют в 0,2 Н растворе соляной кислоты и доводят объем до 1 л в мерной колбе. Полученный раствор содержит 0,5 мг K_2O в 1 мл.

Приготовление рабочей шкалы образцовых растворов для калибровки пламенного фотометра.

В мерные колбы вместимостью 250 мл отбирают количество исходного образцового раствора, приготовленного по указанной методике выше.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Объем исходного раствора K_2O , мл	0	1	2	4	6	10	20	40	60	80
Содержание калия мг K_2O на 1 кг почвы	0	10	20	40	60	100	200	400	600	800

Растворы в колбах доводят до метки 0,2 Н НСІ и используют для калибровки пламенного фотометра. Затем так же, как и для определения фосфора строят градуировочную кривую и по ней находят содержание калия в анализируемых образцах.

Использование результатов анализа. На основании результатов составляют картограммы обеспеченности почв подвижными формами фосфора и калия, уточнения доз фосфорных и калийных удобрений. Уровень обеспеченности почв подвижным фосфором и калием определяется не только содержанием этих элементов в почве, но и биологией сельскохозяйственных культур. В соответствии с этим почвы подразделяются (таблицы 10, 11).

Таблица 10 – Группировка почв по содержанию доступного для растений фосфора, мг P_2O_5 на 1 кг почвы

Содержание фосфора	Дерново-подзолистые и серые лесные	Торфяно-болотные	Оподзоленные и выщелоченные черноземы	Потребность растений в фосфоре
очень низкое	0-25	0-50	0-20	очень высокая
низкое	25-50	50-100	21-50	высокая
среднее	51-100	101-200	51-100	средняя
повышенное	101-150	201-400	101-150	средняя
высокое	151-250	401-600	151-200	низкая
очень высокое	более 250	более 600	более 200	очень низкая

Таблица 11 – Обеспеченность подвижным фосфором, мг P_2O_5 на 1 кг почвы

Обеспеченность подвижным фосфором	Зерновые, зернобобовые	Корнеплоды, картофель	Овощные
Очень низкая	<3	<8	<15
Низкая	<8	<15	<20
Средняя	8-15	15-20	20-30
Высокая	>15	>20	>30

Таблица 12 – Группировка почв по содержанию доступного для растений калия, мг K_2O на 1 кг почвы

Содержание калия	Дерново-подзолистые и серые лесные	Торфяно-болотные	Оподзоленные и выщелоченные черноземы	Потребность растений в калии
очень низкое	0-40	0-80	0-20	очень высокая
низкое	40-80	80-160	20-40	высокая
среднее	80-120	161-240	41-80	средняя
повышенное	120-170	241-340	81-120	средняя
высокое	171-240	341-600	121-180	очень низкая
очень высокое	более 240	более 600	более 180	очень низкая

Таблица 13 – Обеспеченность почвы доступным калием, мг K_2O на 1 кг почвы

Обеспеченность доступным калием	Зерновые, лен, травы	Корнеплоды, картофель	Овощные
очень низкая	<5	<10	<15
низкая	<10	<15	<20
средняя	10-15	15-20	20-30
высокая	>15	>20	>30

Сельскохозяйственные научные учреждения на основе полевых опытов предлагают производителям рекомендации по дозам внесения удобрений и поправочные коэффициенты к дозам удобрений в зависимости от обеспеченности почвы подвижными питательными веществами при внесении под основные группы сельскохозяйственных культур.

Ориентировочные поправочные коэффициенты предлагаются в таблице 14.

В практике дозы фосфорных и калийных удобрений устанавливают с учетом обеспеченности почв подвижными формами фосфора и доступного калия. Для этого можно пользоваться следующей формулой:

$$D = H \times K,$$

где D – расчетная доза удобрений для конкретного поля кг на 1 га; H – рекомендуемая доза удобрений, кг на 1 га; K – поправочный коэффициент (табл. 17).

Планируемые дозы удобрений должны обеспечивать не только рост урожайности, но и повышать плодородие почв. Для суглинистых почв оптимальное содержание P_2O_5 для получения высоких урожаев полевых культур 25-28, K_2O – 20-25; супесчаных P_2O_5 – 20-25, K_2O – 18-20; песчаных соответственно 18-20, 14-16 мг/100 г почвы.

Таблица 14 – Примерные поправочные коэффициенты к средним дозам удобрений под различные культуры в зависимости от содержания подвижного фосфора и калия на дерново-подзолистых и серых лесных почвах

Содержание в почве	Зерновые	Зернобобовые и травы	Лен	Пропашные	Овощные
Фосфорные удобрения					
Очень низкое	1,3-1,5	1,5-2,0	1,3-1,5	без предварительного окультуривания урожаи не обеспечены	
низкое	1,0	1,0	1,0	1,3-1,5	–
среднее	0,6-0,7	0,7-0,9	0,6-0,7	1,0	1,2-1,5
повышенное	рядковое	0,6-0,5	0,5	0,5-0,7	1,0
высокое	не вносят	не вносят	0,2-0,3	рядковое	0,6-0,8
очень высокое	не вносят	не вносят	рядковое	не вносят	рядковое
Калийные удобрения					
низкое	1,0	1,5	1,5-2,0	1,3-1,5	1,5-2,0
среднее	0,6-0,7	1,0	1,0-1,5	1,0	1,3-1,5
повышенное	не вносят	0,7-0,8	0,8-1,0	0,6-0,8	1,0
высокое	не вносят	0,5-0,6	0,7-0,8	0,5	0,6-0,8

Таблица 15 – Рекомендуемый уровень содержания фосфора и калия для основных севооборотов и почв Нечерноземной зоны

Почва	Севооборот	Содержание, мг/кг	
		P ₂ O ₅	K ₂ O
Дерново-подзолистая, серая лесная	Зернотравяной	150	150
	Зернокартофельный	200	250
	Зерносвекловичный	250	250
	Кормовой	200	250
	Овощной	250	300

Таблица 16 – Нормы затрат питательных веществ удобрений на увеличение содержания фосфора и калия на 10 мг/кг почвы

Почва	Норма	
	P ₂ O ₅	K ₂ O
Дерново-подзолистая супесчаная	50-60	40-60
Дерново-подзолистая суглинистая	70-90	60-80
Дерново-подзолистая глинистая	100-120	80-100
Серая лесная супесчаная	70-80	60-70
Серая лесная суглинистая	90-110	70-80
Серая лесная глинистая	120-140	80-90

Оборудование и реактивы: дозатор для дозирования 0,2 Н соляной кислоты, погрешность дозирования не более 2%; дозатор для отбора порции фильтрата на определение фосфора, погрешность дозирования не более 1%; дозатор для определения окрашивающего реактива, погрешность дозирования не более 1%; мешалка для перемешивания почвы с раствором; установки фильтровальные; фотоэлектродиметр с проточной кюветой для определения фосфора; пламенный фотометр для определения калия, допустимо использование пламени: сетевой газ-воздух, пропан-бутан-воздух, бензин-воздух; технологические емкости из материала, устойчивого к действию применяемых

реактивов; кассеты десятипозиционные под технологические емкости; кислота соляная х.ч. или ч.д.а., 5 Н раствор; аммоний молибденовокислый х.ч. или ч.д.а.; калий сурьмяновиннокислый; кислота аскорбиновая; калий фосфорнокислый однозамещенный х.ч.; калий хлористый х.ч.; вода дистиллированная; бумага фильтровальная, проверенная на отсутствие загрязнений фосфором и калием.

Подготовка реактивов к анализу. Приготовление 0,2 Н раствора соляной кислоты. Приготовление окрашивающего реактива. *Реактив А.* 6 г молибденовокислого аммония, взвешенного с погрешностью не более 0,1 г, растворяют в 200 мл дистиллированной воды. 0,145 г сурьмяновиннокислого калия, взвешенного с погрешностью не более 0,001 г, растворяют в 100 мл дистиллированной воды. Оба раствора готовят на слабом нагревании. Охлажденные растворы приливают к 500 мл 5 Н раствора соляной кислоты. Раствор перемешивают и доводят объем дистиллированной водой до 1 л. Реактив хранят в склянке из темного стекла. *Реактив Б.* 0,887 г аскорбиновой кислоты, взвешенной с погрешностью не более 0,001 г, растворяют в 168 г реактива А и доводят объем дистиллированной водой до 1 литра. Раствор готовят в день проведения анализа. *Реактив В.* 0,887 г аскорбиновой кислоты, взвешенной с погрешностью не более 0,001 г, растворяют в 168 г реактива А и доводят объем дистиллированной водой до 1 литра. Раствор готовят в день проведения анализа.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Значение азота для растений.
2. Признаки азотного голодания растений.
3. Какое количество азота содержится в почве, формы и их доступности
4. Круговорот азота в земледелии.
5. Пути накопления азота в почве и меры по предотвращению его потерь.

6. Особенности питания растений аммонийным и нитратным азотом.
7. Особенности азотного питания растений.
8. Коэффициенты использования азота почвы различными сельскохозяйственными культурами.
9. Что такое нитрификационная способность почв ?
10. Какова роль фосфора и основные формы его соединений в растении? Ю. Либих, Д.Н. Прянишников о роли фосфора для растений.
11. Каково содержание фосфора в различных почвах (в % и доступности его форм для растений)?
12. Пути мобилизации фосфатов почвы и какие причины влияют на их подвижность, коэффициент использования?
13. Признаки фосфорного голодания растений.
14. Роль калия для растений.
15. Признаки калийного голодания в растениях.
16. Формы калия в почве, их доступность для растений.

РАЗДЕЛ 3 АНАЛИЗ УДОБРЕНИЯ

3.1. РАСПОЗНАВАНИЕ УДОБРЕНИЙ ПО КАЧЕСТВЕННЫМ РЕАКЦИЯМ. КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ ТУКОВ

Отбор и подготовка проб удобрений к анализу

Для качественного и количественного анализа минеральных удобрений необходимо правильно отобрать разовую и среднюю пробу удобрения. Разовую пробу из вагона берут методом диагонального деления (или по принципу запечатанного конверта) на двух горизонтальных уровнях в 15-20 точках на расстоянии 1,5-2 м.

Разовые пробы отбирают с помощью пробоотборника и пересечением потока удобрений. Пробоотборником разовые пробы отбирают из вагонов, автомашин, насыпей, мешков. Методом пересечения потока удобрений отбирают пробу на транспортной ленте специальным автоматическим пробоотборником, который имеет механический делитель Джонсона.

Разовые пробы минеральных удобрений из ящиков, мешков, бочек берут пробоотборником (щупом) на $\frac{3}{4}$ глубины тары из 15-20 емкостей (3-20% от всего их количества).

При хранении минеральных удобрений в складских помещениях навалом разовую пробу берут с разных глубин из 15-20 мест.

Взятие разовых проб и их количество, безусловно, будут зависеть от дисперсности и степени неоднородности исследуемых минеральных удобрений. В среднем для гранулированных удобрений число разовых проб должно составлять около 20 из любой партии весом 60-300 т. Для мелкодисперсных порошкообразных удобрений от каждой партии отбирают 10-15 разовых проб. Кроме того, в каждом случае

необходимо «спланировать», т.е. составить схему отбора проб, чтобы разовые пробы были отобраны равномерно по всему объему партии минеральных удобрений.

Разовые пробы объединяют и общую или первичную пробу. При постоянном перемешивании первичную пробу сокращают до средней лабораторной пробы. Средняя проба минеральных удобрений должна иметь массу от 0,5 до 1 кг. Хранится удобрение в сухой чистой банке с притертой пробкой. Средняя лабораторная проба должна быть подготовлена к анализу. Способы подготовки пробы различны и зависят от свойств удобрений. Особенно тщательно отбирают пробы гранулированных удобрений. Слежавшиеся в куски удобрения предварительно измельчают (на дробилке, мельнице) до порошкообразного состояния. В крайнем случае дробление сделать вручную. Среднюю пробу гранулированных или порошкообразных удобрений перемешивают в механических смесителях или вручную, а затем делят на одинаковые части и проводят сокращение пробы. Пробы порошкообразных удобрений сокращают обычно простым методом квартования или вычерпывания. Квартование состоит в следующем: среднюю пробу удобрения помещают на ровную поверхность (стекло), разравнивают, придают форму квадрата, круга и делят на четыре равные части двумя взаимно перпендикулярными прямыми через центр фигуры. Из четырех образовавшихся квадратов (секторов) выбирают противоположные, перемешивают и вновь квартуют.

Метод вычерпывания заключается в следующем: среднюю пробу перемешивают, разравнивают на столе и придают ей форму квадрата. После этого делят его на 25 квадратов и совочком (мерником) вычерпывают исследуемое удобрение из 13 квадратов по всей глубине слоя.

Отбор, усреднение и сокращение пробы требуют от студента тщательного выполнения.

Часть средней пробы удобрения, которая предназначена для химического анализа, измельчают до 0,2-0,25 мм. Неизмельченную часть пробы удобрения используют для определения влажности, прочности гранул и т.п.

Отбор индивидуальной разовой средней пробы органических удобрений из штабелей, куч проводится таким образом. Из 20-30 мест равномерно по длине штабеля буром с разной глубины отбирают среднюю пробу.

Отбор проб торфа из однородной залежи производится из расчета одна средняя проба на 4 га площади бурта. В случае неоднородности залежи количество проб увеличивается вдвое. Глубина взятия монолитов – 30-45 см.

Места взятия проб следует располагать по продольной оси карт с такими промежутками от валового канала: первая берется на 1/4, вторая – на 1/2, третья – на 3/4 расстояния.

Навозную жижу наливают из жижесборника в чистую 1-2 литровую банку, затем осторожно перемешивают содержимое, прибавляют до 10 капель толуола и плотно закрывают банку. Герметичность – обязательное условие при взятии пробы навозной жижи.

Средняя проба органических удобрений (навоз, торф, навозная жижа и др.) должна быть 0,5-2 кг.

Для выполнения задания (количественного анализа) студент берет необходимое количество удобрения из отобранной средней пробы

Примечание. Для прекращения микробиологической деятельности к пробам органических удобрений по каплям добавляют толуол (обязательно) до появления осязательного запаха. Кроме того, анализ органических удобрений должен быть выполнен сразу (в день отбора пробы).

Значение работы. Многие минеральные удобрения по внешнему виду очень трудно отличаются друг от друга. Загрязненные при транспортировке навалом или в плохой таре и при хранении делаются нередко еще более сходными. Случается, что удобрения прибывают без соответ-

ствующих документов или последние теряются в хозяйстве. Все это ведет к некоторой путанице и зачастую влечет за собой внесение в почву вовсе не того удобрения, которое намечено к использованию, неправильному смешиванию их т.д., что не может не снижать эффективности мероприятий по химизации земледелия

В таких случаях или при возникновении сомнений необходимо точно установить название каждого из применяемых удобрений, для чего надо провести качественный анализ (распознавание).

Основные качественные реакции при установлении свойств удобрений и техника их выполнения

Прежде всего, внимательно осматривают удобрения, определяют влажность, цвет, запах, характер кристаллов.

Влажность. Одни удобрения могут быть сыпучими, другие – теряют эти свойства вследствие повышенной гигроскопичности.

Конституция (строение). Удобрения подразделяются на жидкие и твердые. Последние могут представлять собой размолотую породу, порошок, гранулы, чешуйки, кристаллы различной величины и формы. Для изучения структуры удобрений удобнее их поместить в фарфоровые чашки.

Все азотные удобрения (кроме цианамида кальция) и все калийные удобрения (печной золы) представлены кристаллическим или гранулированным состоянием. Кроме того, аммофос, диаммофос (сложные азотно-фосфорные удобрения) имеют аналогичную структуру.

Порошковидное (аморфное) состояние является характерным для известковых и фосфорных удобрений, а также вышеназванные цианамид кальция, печная зола.

Структура (строение) удобрения играет важную роль в распознавании

Запах удобрения может быть кислым, аммиачным и другим.

Для распознавания удобрений используют следующие реакции.

Растворимость в воде. Для определения растворимости берут 1-2 г удобрения в пробирку и добавляют 10-15 мг дистиллированной воды, встряхивают и наблюдают. Удобрения по их растворимости можно разделить на три группы:

а) полностью растворимые – все азотные (кроме цианамид кальция) и калийные (кроме калимаг) удобрения и некоторые сложные удобрения (аммофос и диаммофос);

б) не полностью растворимые (растворяется не все количество взятого удобрения) – суперфосфат простой и двойной, калимаг, нитрофосы и нитрофоски;

в) нерастворимые – фосфорные (кроме суперфосфата), известковые удобрения и гипс.

Если удобрение растворилось, то раствор его разливают поровну в 3 чистые пробирки и используют их для реакций.

В случае слабого растворения удобрения в воде, для дальнейших реакций применять раствор после отстаивания (дать возможность частичкам удобрения осесть на дно пробирки).

Реакция со щелочью используется для определения аммонийной группы в удобрении по выделению аммиака. В пробирку с раствором удобрения (5-10 мл) прибавляют 1-2 мл щёлочи и осторожно нагревают (спиртовка, газовая горелка, электрическая плитка), предварительно опустив в пробирку красную лакмусовую бумажку. Наблюдают за изменением цвета лакмуса – он должен быть синим. О присутствии аммиака в растворе можно убедиться по запаху.

Применение реактива Несслера. Аммония образует с реактивом Несслера комплексное соединение, которое при малых количествах аммония окрашивает раствор в желтый цвет, при значительных – в красно-желтый, а при большом содержании NH_3 образуется красно-бурый осадок.

При выполнении данной реакции необходим избыток реактива Несслера, так как образующийся осадок растворяется в аммонийных солях. Реактив Несслера позволяет открывать малые количества катионов в растворе.

Молибденовая жидкость $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 + \text{HNO}_3$ образует с раствором фосфата желтый кристаллический осадок фосфоромолибдата аммония $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Реакция со щавелевокислым аммонием $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$. Данной реакцией устанавливают наличие кальция в удобрении, который образует белый мелкокристаллический осадок щавелевокислого кальция. К 2-5 мл раствора удобрения прибавляют 2-3 капли щавелевокислого аммония. Нагревание способствует быстрому осаждению оксалата кальция. Осадок растворим в минеральных кислотах кальция но не растворяется в уксусной кислоте. Этой реакцией открывается Ca только после удаления Ba и Sr которые дают аналогичные осадки.

Данная реакция менее распространена в практике распознавания минеральных удобрений и применяется в том случае, когда есть необходимость подтвердить кальциевую селитру.

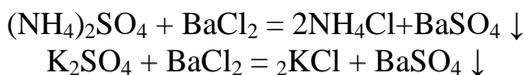
Реакция с кислотой служит для обнаружения карбонатного иона. В маленькую фарфоровую чашку помещают очень небольшое количество удобрений (1/3-1/2 чайной ложки) и осторожно из капельницы приливают уксусную или соляную кислоту. Вскипание в чашке указывает на наличие карбонатов в удобрении. Происходит выделение пузырьков углекислого газа. По интенсивности вскипания можно предварительно решить: или это известковое удобрение (бурное вскипание), или карбонаты, находящиеся в удобрении в качестве примеси (слабое иногда трудно различимое вскипание). При выполнении этой реакции следует обратить внимание на цвет (окраску) удобрения, так как реакция с кислотой характерна как для

известковых материалов (молотого известняка, мела, гачи, известкового туфа и др.), так и для фосфатшлака и то-масшлака.

Но известковые удобрения бывают обычно белого цвета (иногда с желтым оттенком), тогда как томасшлак и фосфатшлак всегда имеют темно-серый, красноватый цвет. Кроме того, при действии на томасшлак и фосфатшлак кислотой они вместе со вскипанием выделяют сероводород. С известковыми материалами этого не происходит.

Реакция (рН) томасшлака и фосфатшлака всегда щелочная (красная лакмусовая бумажка синеет). И, наконец, при одинаковом объеме томасшлак и фосфатшлак намного тяжелее известковых удобрений.

Реакция с хлористым барием (BaCl_2) обнаруживает наличие в удобрении аниона серной кислоты (SO_4). К 2-5 мл раствора удобрения прибавляют 2-3 капли, раствора хлористого бария. Если в растворе находится сульфат-ион, то выпадет большой белый осадок сульфата бария. Для того чтобы убедиться, что это действительно осадок сульфата бария, добавляют небольшое количество (1-2 мл) соляной или уксусной кислоты. И если осадок не растворяется, значит, это осадок сульфата бария.



Реакция с азотнокислым серебром. При проведении этой реакции студент должен быть предельно внимателен и следить за изменением окраски осадка раствора. С помощью азотнокислого серебра можно определить присутствие фосфат-иона, хлор-иона и сульфат-иона в растворе удобрения.

К 2-5мл раствора удобрения прибавляют 2-3 капли раствора азотнокислого серебра и содержимое пробирки встряхивают. С раствором фосфорного удобрения, напри-

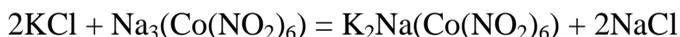
мер, суперфосфата, азотнокислое серебро (AgNO_3) образует фосфорнокислое серебро (AgH_2PO_4) окрашенное в желтый цвет.

При добавлении раствора AgNO_3 к раствору любого удобрения, содержащего анион Cl (NH_4Cl , KCl и др.), образуется хлористое серебро (AgCl), которое выпадает в виде белого осадка, створаживающегося при встряхивании пробирки.



Выпадение тяжелого нествораживающегося белого осадка свидетельствует о наличии в растворе сульфат-иона. Выпадает осадок в меньшем объеме, чем при реакции с хлористым барием.

Реакция с кобальтинитритом натрия. $\text{Na}_2(\text{Co}(\text{NO}_2)_6) + 1/2\text{H}_2\text{O}$, который при pH около 7 или уксуснокислом растворе дает с ионами калия желтый кристаллический осадок двойной соли калия – натрия.



В работе можно использовать или свежеприготовленный раствор кобальтинитрита натрия (2-3 капли) или непосредственно порошок (0,05-0,1 г). Реакция очень чувствительна. Реакцию можно выполнить в пробирке или на часовом стекле. К 2-5 мл раствора удобрения прибавляют 2-3 капли раствора или 0,05-0,1 г порошка кобальтинитрита натрия.

Присутствие солей аммония в растворе мешает выполнению реакции, так как при этом тоже выпадает желтый кристаллический осадок:



Примечание. Аммоний из удобрения может быть предварительно удален прокаливанием

Поведение на раскаленном угле. При выполнении данной реакции студент может наблюдать за быстротой сгорания, запахом и цветом пламени. Для этого необходимы древесный уголь, горелка газовая или спиртовка, щипцы и 0,2-0,5 г удобрения, которое лучше всего сыпать на раскаленный уголь с кончика скальпеля, ножа или стеклянной палочки – шпателя. Возможны следующие три случая.

1. Удобрение вскипает и быстро сгорает. Значит, это какая-то селитра. Но по окраске пламени можно определить селитру. На раскаленном угле натриевая селитра вспыхивает и быстро сгорает бесцветным пламенем (иногда плавится, выделяет белый дым с запахом аммиака); калийная селитра вспыхивает и быстро сгорает фиолетовым пламенем; кальциевая селитра плавится, сгорает, оставляя белый налет на раскаленном угле.

2. Удобрение плавится и дымит – присутствует аммонийная группа. Требуется провести дополнительно качественные реакции на открытие иона, которые описаны выше. Поэтому здесь может быть довольно разнообразный состав удобрения: мочевины, сульфат аммония, хлористый аммоний, аммофос и диаммофос.

3. Удобрение на раскаленном угле остается без изменения и или потрескивает. Так ведут себя на раскаленном угле калийные удобрения. Для уточнения вида удобрения потребуется выполнить дополнительно некоторые качественные реакции.

Дифениламин $(C_6H_5)_2NH$ окисляется выделяющейся при реакции азотной кислотой и служит для обнаружения аниона NO_3^- – появляется синее окрашивание раствора.

Результаты реакций с каждым удобрением записывают по следующей форме:

Таблица 17 – Форма записи результатов качественного анализа удобрений

№ пробирки с удобрением	Внешний вид (цвет)	Влажность (на ощупь)	Консистенция (структура)	Растворимость в воде	Наличие NH_4^+	Наличие SO_4^{2-}	Наличие Cl^-	Наличие HCO_3^- (вскипание)	Наличие Ca^{2+}	Поведение на раскаленном угле	Состав и формула	Название удобрения

Определение минеральных удобрений по А.В. Петербургскому

1. Удобрение полностью или почти полностью растворяется в воде (см. п. 2). Удобрение не растворяется или растворяется незначительно (см. п. 14).

2. Раствор удобрения со щелочью при нагревании выделяет аммиак (см. п. 3). Аммиак не выделяется (см. п. 8).

3. Раствор удобрения с азотнокислым серебром образует осадок, нерастворимый в HNO_3 (см. п. 4). Осадок не образуется (может быть муть) (см. п. 6).

4. Цвет осадка после прибавления AgNO_3 белый (см. п. 5). Цвет осадка желтый – аммофос $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ и диаммофос $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$.

5. Сухое удобрение белого или желтоватого цвета, на раскаленном угле не трещит, выделяет белый дым, запах аммиака и соляной кислоты – хлористый аммоний NH_4Cl .

6. Раствор удобрения с BaCl_2 образует белый осадок, нерастворимый в кислотах (см. п. 7). Осадок не образуется (может быть муть); удобрение на раскаленном угле плавится, кипит, дает белый дым и запах аммиака – аммиач-

ная селитра NH_4NO_3 . Гранулированная селитра имеет вид шариков или чешуек.

7. Сухое удобрение (на шпателе) плавится, брошенный в него тлеющий уголек ярко вспыхивает – *нитрат-сульфат аммония* $2NH_4NO_3 + (NH_4)_2SO_4$. Удобрение не плавится и вспышки не дает на раскаленном угле пахнет аммиаком – *сульфат аммония* $(NH_4)_2SO_4$.

8. Раствор удобрения с $AgNO_3$ образует белый творожистый осадок, нерастворимый в HNO_3 (см. п. 9). Осадка не образуется (может быть муть) (см. п. 11).

9. Удобрение крупнокристаллическое, розоватого цвета с примесью красных кристаллов – *силвинит* $KCl + NaCl$. Удобрение мелкокристаллическое (см. п. 10).

10. Кристаллы белого цвета, удобрение сухое – *хлористый калий* KCl . Кристаллы грязноватые, сыроватые, напоминающие неочищенную поваренную соль – *калийные соли* $KCl + NaCl$.

11. Раствор удобрения с $(NH_4)_2C_2O_4$ образует белый осадок, на раскаленном угле удобрение плавится, сгорает, оставляя белый налет – *известковая (кальциевая) селитра* $Ca(NO_3)_2$. Осадка не образуется (может быть муть) (см. л. 12).

12. Сухое удобрение, нагретое на шпателе или насыпанное на раскаленный уголь, дает резкий запах аммиака – *мочевина* $CO(NH_2)_2$. Аммиак не выделяется (см. п. 13).

13. Кристаллы удобрения крупные, влажные, на раскаленном угле вспыхивают и с шипением сгорают желтым пламенем – *натриевая селитра* $NaNO_3$. Кристаллы мелкие, сухие, на раскаленном угле вспыхивают и с шипением сгорают фиолетовым пламенем – *калийная селитра* KNO_3 . Кристаллы мелкие, сухие, не горят, водный раствор удобрения с $BaCl_2$ дает белый осадок, нерастворимый в кислотах – *сернокислый калий* K_2SO_4 . *Калимагнезия* $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$ (в отличие от K_2SO_4) не растворяется нацело в воде, раствор ее содержит примеси Cl , обнаружи-

ваемого действием AgNO_3 . Реакцию на ион SO_4 с BaCl_2 дает также *каинит* $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, но он лучше растворим, чем калимагнезия, а с AgNO_3 образует обильный осадок AgCl .

14. При добавлении HCl удобрение вскипает и пенится (см. п. 15). Удобрение не вскипает и не пенится (или вскипает незначительно), (см. п. 16).

15. Удобрение имеет вид белого или грязноватого порошка – *известняк* CaCO_3 или *мергель*. Удобрение имеет вид серого порошка с кусочками угля – *печная зола*.

16. Цвет сухого удобрения белый (см. п. 17). Удобрение иного цвета (см. п. 18).

17. При добавлении к раствору удобрения AgNO_3 верхний слой осадка желтеет – *преципитат* $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Верхний слой осадка не желтеет – *гипс* $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

18. Удобрение светло-серого или серого цвета (см п. 19). Удобрение иного цвета (см. п. 22).

19. Вкус удобрения и реакция кислые (проба с лакмусовой бумагой) – суперфосфат $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Гранулированный заводской суперфосфат имеет вид комочков диаметром 1-4 мм. Вкус удобрения и реакция не кислые (см. п. 20).

20. Удобрение на раскаленном угле темнеет и издает запах жженого рога (кости) – *костная мука* $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{примеси}$.

21. Удобрение – голубовато-серый, тонкий, плохо смазывающийся порошок, похожий на толченое стекло – *апатитовый концентрат* $3\text{Ca}(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{FCl})_2 + \text{примеси}$. Удобрение имеет вид серо-коричневого землистого порошка грубого размола – *фосфоритная мука* $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{примеси}$.

22. Удобрение почти черного цвета, тяжелый порошок – *томасилак* $\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_9 + \text{примеси}$. Удобрение темно-серого цвета, состоящее из отдельных комочков, водная вытяжка из него дает реакцию с BaCl_2 , а также муть от

прибавления AgNO_3 – *калимаг* $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ + *примеси*.

В конце занятия студент обязан представить преподавателю тетрадь со всеми записями и ответить на вопросы, связанные с контрольным заданием по распознаванию удобрений.

Количественный анализ удобрений. Все виды и формы минеральных удобрений имеют определенное содержание действующего вещества, сопутствующих примесей и влаги, отвечающих утвержденному ГОСТу на данное удобрение. Для одного и того же удобрения, но выпускаемого разными туковыми заводами, эти показатели могут различаться.

Действующее вещество – это содержание основного элемента в удобрении, которое определяется с помощью количественного анализа в %. По этому показателю рассчитывают норму минеральных туков под различные сельскохозяйственные культуры.

В связи с тем, что питательные вещества находятся в различных формах, по химическому составу и растворимости, очень важно определить эти формы, что позволит правильно распределить различные формы удобрений с учетом свойств почв и биологических особенностей каждой культуры.

При внесении удобрений в почву наряду с питательными веществами поступают ионы, например, хлора и др., которые могут оказывать отрицательное влияние на развитие растений, особенно при внесении непосредственно перед посевом.

Некоторые удобрения, выпускаемые промышленностью, содержат свободные кислоты, для эффективного применения которых необходимо проводить предварительную нейтрализацию. Для нейтрализации свободной кислотности необходимо знать пределы содержания последней.

Определение влажности удобрений

Принцип метода. Под влажностью следует понимать физически и механически связанную воду. Выделение её из удобрений не приводит к существенному изменению химических свойств. При определении влажности удобрений необходимо в процессе высушивания образца поддерживать строго постоянную температуру (табл. 18).

Наиболее распространенными методами определения влажности удобрений являются:

- 1) высушивание пробы в сушильном шкафу до постоянного веса;
- 2) высушивание пробы нагреванием под инфракрасными лучами (или применением тока высокой частоты);
- 3) метод Фишера основанный на реакции взаимодействия воды с двуокисью серы и йодом.

Ход анализа. На аналитических весах отвешивают 3-5 г удобрения в предварительно высушенный и доведенный до постоянного веса стеклянный бюкс и помещают в сушильный шкаф. Сушку проводят в соответствии с данными таблицы. Затем охлаждают в эксикаторе, закрывают крышками и взвешивают. Если после второй сушки не наблюдается заметного отклонения веса, то вещество высушено до постоянного веса.

Вычисление результатов. Содержание влаги в удобрениях рассчитывают по формуле:

$$X = (N - N_1) / N \times 100,$$

где X – содержание влаги, %; N – масса удобрения до сушки, г; N₁ – масса удобрения после сушки, г; 100 – для выражения влаги в процентах.

Таблица 18

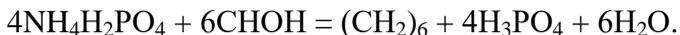
Удобрение	Масса удобрений, г	Температура, С°	Время сушки, час
Сульфат аммония	5	100	2
Аммиачная селитра	5	100	2
Калийная селитра	5	120-130	2
Натриевая селитра	3	100-110	до постоянного веса
Мочевина	5	65-70	2
Суперфосфат	10	100-105	3
Фосфоритная мука	5	105-110	до постоянного веса
Хлористый калий	5	105-110	3
Калийная соль, сильвинит	5	105-110	до постоянного веса
Аммофос, диаммофос	5	60	3
Нитрофоска	5	100-105	3
Известняковая мука	20-25	105-110	до постоянного веса

Формальдегидный метод определения аммиачного азота

Значение анализа. Все азотные удобрения (кроме цианамида кальция) хорошо растворимы в воде, поэтому содержание азота определяют в водной вытяжке. Азот в удобрениях может содержаться в форме аммонийного, нитратного, амидного. Аммиачные и аммиачно-нитратные удобрения – наиболее распространенные азотные удобрения. Знание содержания азота в этих удобрениях необходимо для правильного расчета доз удобрений, а также для оценки качества удобрений.

Принцип метода. Определение основано на количественном связывании аммиака с помощью формалина в органическое соединение гексаметилентетрамина $(\text{CH}_2)_6\text{NH}_4$. Реакция образования гексаметилентетрамина лучше происходит в нейтральной и слабощелочной среде. Аммиачные удобрения выделяют при этом минеральную кислоту в количестве, которое равно аммиачному азоту в навеске анализируемого удобрения. Например:





Количество выделившейся свободной кислоты определяется путем титрования щелочью в присутствии фенолфталеина, а затем вычисляют содержание азота в удобрении.

Чтобы кислотность (или щелочность) удобрения или формалина не повлияла на результаты титрования, предварительно нейтрализуют оба раствора (в присутствии метилрота).

Интенсивность связывания аммиачных групп удобрения формалином проходит неодинаково в течение реакции. В начале реакция протекает очень быстро. Но когда аммиачных групп остается мало, аммиак начинает связываться формалином только по мере оттитровывания выделившейся кислоты щелочью. Поэтому сравнительно долго удерживается близкая к нейтральной реакция раствора (желтый цвет). Когда весь аммиак будет переведен в гексаметилентетрамин и вся кислота нейтрализуется щелочью, лишняя капля щелочи вызывает появление розовой окраски.

Ход анализа. 10 г удобрения взвешивают с погрешностью не более 0,001 г, помещают в мерную колбу вместимостью 500 см³ растворяют в воде, доводят объем водой до метки и тщательно перемешивают, 25 см³ полученного раствора переносят пипеткой в коническую колбу вместимостью 250 см³ и в присутствии смешанного индикатора нейтрализуют 0,1 Н раствором гидроокиси натрия в присутствии фенолфталеина до слабо-розовой окраски.

Затем в колбу приливают 25 см³ раствора формалина, предварительно нейтрализованного раствором гидроокиси натрия в присутствии фенолфталеина и через 1 мин. титруют 0,1 Н раствором гидроокиси натрия в присутствии фенолфталеина до появления слабо-розовой окраски, устойчивой в течение 1 мин.

Обработка результатов. Массовую долю аммиачного азота (X) в процентах вычисляют по формуле:

$$X = V \times K \times 500 \times 100 / m \times 25$$

где V – объем точно 0,1 N или раствора гидроокиси натрия, израсходованный на титрование, см³; K – количество азота, соответствующее 1 см³ раствора гидроокиси натрия, г (для 0,1 N раствора K = 0,0014); m – масса навески, г.

За результат анализа принимают среднее арифметическое двух параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не должны превышать 0,2 % при доверительной вероятности P = 95.

Примечание. Для установления общего количества азота в аммиачной селитре найденное количество удваивают, так как в этой селитре содержание аммиачного и нитратного азота одинаковое количество.

Посуда, приборы и реактивы: часовое стекло или вошенная бумага; стакан (колба) 150-200 мл; мерная колба (цилиндр) 500 мл; коническая колба на 250 мл; весы аналитические; 0,1 N гидроокись натрия; индикатор смешанный, готовят смешиванием метилового красного и метиленового голубого; фенолфталеин (индикатор); формалин 15 и 25%-ный растворы; метиловый красный (индикатор); метиленовый голубой (индикатор).

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Состав и особенности аммиачных удобрений.
2. Физические и химические свойства аммиачной селитры.
3. Взаимодействие аммиачно-нитратных удобрений с почвой.
4. Условия эффективного применения аммиачных удобрений и аммиачной селитры.
5. Состав и особенности амидных удобрений.

6. Взаимодействие мочевины с почвой и особенности ее применения.

7. Назовите жидкие азотные удобрения и их свойства.

8. Особенности применения жидких азотных удобрений и их эффективность под различные сельскохозяйственные культуры.

9. Укажите примерные дозы внесения аммиачной воды под сельскохозяйственные культуры.

10. Значение азотных удобрений в повышении урожая в различных почвенно-климатических зонах РФ, республиках, областях.

11. Влияние азотных удобрений на урожайность и качество основных сельскохозяйственных культур. Сравнительная характеристика аммонийных и нитратных удобрений. Их применение.

12. Особенности питания растений аммонийным и нитратным азотом. Малорастворимые формы азотных удобрений. Условия эффективного их применения.

13. Основные группы азотных удобрений, их влияние на реакцию почвы. Нормы внесения азота под основные сельскохозяйственные культуры.

14. Способы повышения эффективности физиологически кислых удобрений.

15. Взаимодействие аммиачных и амидных удобрений с почвой. Их использование. Значение ингибиторов нитрификации.

16. Вынос азота с урожаем основных сельскохозяйственных культур. Какие азотные удобрения усиливают действие фосфоритной муки ? Почему ?

17. Динамика потребления азота сельскохозяйственными культурами. Безводный аммиак, его свойства, применение. Правила техники безопасности при работе с ним.

18. Агротехническая и экономическая эффективность удобрений и факторы, оказывающие влияние на эти показатели.

19. Биологический азот почвы, его значение в балансе азота в земледелии.

20. Аммиачные формы удобрений, свойства и получение, применение.

21. Амидные формы азотных удобрений. Свойства, получение, особенности применения.

22. Действующее вещество удобрений. Физические туки.

Определение водорастворимого фосфора в суперфосфате

Значение анализа. При перевозках и хранении (особенно неправильном) суперфосфата возможны потери фосфора, в первую очередь, водорастворимого. Для расчета доз фосфорных удобрений необходимо знать истинное содержание водорастворимого фосфора, в связи с чем и проводят анализ.

Принцип метода. Метод основан на растворении пробы анализируемого удобрения в воде.

Ход анализа. 4-5 г растертого в ступке и просеянного через сито диаметром 0,3 мм удобрения взвешивают с погрешностью не более 0,0002 г и переносят в колбу Штокмана (или мерную колбу) вместимостью 500 см³. Пробу заливают 400 см³ воды, сразу же перемешивают. Колбу закрывают пробкой, устанавливают на ротатор и взбалтывают в течение 30 мин. По истечении этого времени содержимое колбы доводят водой до метки и тщательно встряхивают в течение 2-3 мин. Затем раствор сразу же после осаждения осадка фильтруют через фильтр в сухую посуду.

20-25 мл фильтрата переносят в коническую колбу, разбавляют водой до 100 см³ и титруют раствором гидроксида натрия в присутствии 3-5 капель диметилового желтого до перехода окраски в оранжевую или в присутствии бромкрезолового до окраски буферного раствора.

Титрование можно проводить на рН-метре до значения рН-4.0.

Вычисление результатов анализа. Массовую долю свободной кислоты в пересчете на P_2O_5 (X) в процентах вычисляют по формуле:

$$X = V_1 \times 0,0071 \times V_2 \times 100 / m \times V_3,$$

где V_1 – объем точно 0,1 Н раствора гидроокиси натрия, израсходованное на титрование, $см^3$; V_2 – общий объем раствора, $см^3$; V_3 – объем анализируемого раствора, $см^3$; m – масса навески удобрения, г; 0,0071 – масса P_2O_5 , соответствующая 1 $см^3$ точно 0,1 Н раствора гидроокиси, г.

Приборы, реактивы, растворы: ротационный аппарат или магнитная мешалка; рН-метр со стеклянным электродом; микробюретки вместимостью 2 или 5 $см^3$; натрия гидроокись 0,1 Н раствор; натрий фосфорнокислый двухзамещенный 0,2 М раствор; кислота лимонная 0,1 М раствор; спирт этиловый; диметиловый желтый (индикатор), 0,1%-ный спиртовой раствор или бромкрезоловый зеленый (индикатор), готовят следующим образом: 0,2 г индикатора растворяют в смеси, состоящей из 6 мл раствора едкого натрия и 5 мл спирта, разбавляют водой до 100 $см^3$; буферный раствор рН 4,0 готовят следующим образом: в коническую колбу вместимостью 250 мл наливают из бюретки 7,7 мл раствора двухзамещенного фосфорнокислого натрия, 12,3 мл раствора лимонной кислоты, 100 мл воды и 0,5 мл индикатора бромкрезолового зеленого. рН проверяют на рН-метре. Смесь стерилизуют нагреванием при 60-70 °С, перемешивают, колбу плотно закрывают и хранят в темном месте.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Значение фосфорных удобрений в повышении урожая и улучшении качества продукции. Классификация фосфорных удобрений.
2. Пути повышения эффективности фосфоритной муки.
3. Простой и двойной суперфосфаты, их производство, свойства, применение.
4. Основные месторождения фосфоритного сырья в РФ. Сравнительная оценка суперфосфата и фосфоритной муки. Их использование.
5. Источники фосфора для растений. Взаимодействие водорастворимых фосфорных удобрений с почвой.
6. Приемы повышения эффективности суперфосфата.
7. Динамика поступления фосфора в растения. Водонерастворимые фосфорные удобрения. Особенности их применения.
8. Определение потребности в фосфорных удобрениях. Влияние известкования на эффективность различных фосфорных удобрений.
9. Содержание и формы соединений фосфора в почвах. Причины последствий фосфорных удобрений.
10. Сравнительная оценка суперфосфата и фосфоритной муки. Значение грануляции и локального внесения суперфосфата.
11. Источники фосфора для растений. Значение работ А.Н. Энгельгарда, Д.И. Прянишникова, К.К. Гедройца, А.Н. Лебеяднцева и других ученых в выявлении условий эффективного использования фосфоритной муки.
12. Значение картограмм кислотности и обеспеченности почв фосфором для правильного использования фосфорных удобрений. Организация известкования и фосфоритования в хозяйстве.
13. Простой и двойной суперфосфаты, их взаимодействие с почвой. Эффективность суперфосфата при разных

способах внесения.

14. Что такое «ретроградация» фосфора и зафосфачивание почв ?

15. Дозы, сроки и способы внесения фосфорных удобрений. Внесение удобрений в «запас».

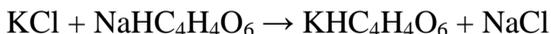
16. Преципитат, фосфатшлак. Получение, характеристика, использование.

17. Определите потребность озимой пшеницы (площадь 50 га) в простом суперфосфате, если для получения планируемой урожайности требуется внести 90 кг P_2O_5 на 1 га.

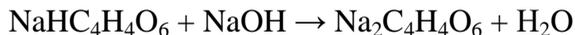
18. Рассчитайте, сколько потребуется извести для нейтрализации свободных кислот, если они составляют 5%.

Определение калия в калийных удобрениях битартратным методом

Принцип метода основан на том, что калий удобрения при взаимодействии с кислым виннокислым натрием образуют труднорастворимую соль кислый виннокислый калий по схеме:



Остаток неизрасходованного на связывание калия битартрата натрия устанавливают титрованием щелочью:



По разности между первоначально взятым количеством битартрата натрия и его остатком находят количество битартрата натрия, израсходованного на связывание калия, эквивалентное содержанию последнего в растворе удобрения.

Ход анализа. 5 г растертого удобрения растворяют в химическом стакане в 30-40 мл дистиллированной воды,

помешивая стеклянной палочкой. Для более полного и быстрого растворения удобрения рекомендуют подогреть раствор. Раствор фильтруют через складчатый сухой фильтр в сухую мерную колбу емкостью 50 мл, стакан споласкивают дистиллированной водой и сливают через фильтр в ту же мерную колбу.

Раствор охлаждают, доводят до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают. После чего 1 мл раствора из мерной колбочки переносят микропипеткой в химический стакан емкостью 50-100 мл, приливают туда же 10 мл 0,33 Н раствора битартрата натрия, соответствующего 3,3 мл 0,1 Н раствора его и в течение 15-20 мин помешивают содержимое стеклянной палочкой, чтобы сделать полное осаждение битартрата калия. Осадок отфильтровывают через маленький сухой плотный фильтр в сухой стаканчик или колбу, после чего берут 5 мл фильтрата в колбу, приливают 3-4 капли фенолфталеина и титруют 0,1 Н раствором щелочи до появления слабо-розовой окраски.

Вычисление результатов анализа проводят по формуле:

$$X = (a \times K_1 - b \times K_2) \times 0,0047 \times 2,2 \times 100 / N$$

где X – содержание K_2O в удобрении, %; a – количество 0,1 Н раствора битартрата натрия, прибавленного к взятой для анализа вытяжке удобрения, мл; K_1 – поправка к титру битартрата натрия; b – количество 0,1 Н раствора щелочи, мл; K_2 – поправка к титру 0,1 Н раствора щелочи; 0,0047 – масса K_2O , соответствующая 1 мл 0,1 Н раствора битартрата натрия, г; 2,2 – для пересчета результатов титрования на весь объем раствора; N – навеска удобрения, г.

Пламенно-фотометрический метод определения калия в калийных удобрениях

Принцип метода основан на измерении интенсивности излучения элемента, возбужденного нагреванием вещества в пламени.

Методом пламенной фотометрии можно определить до 50 элементов, но практически им пользуются при определении только 10 из них. Чаще всего этот метод используют для определения натрия, калия, кальция.

Определение концентрации испытуемого элемента на пламенном фотометре состоит из трех основных операций:

1. Приготовление испытуемого раствора.
2. Приготовление шкалы образцовых растворов и построение градуировочной кривой.
3. Определение концентрации раствора в испытуемом образце.

Калий (растворы сравнения) готовят следующим образом: в мерные колбы вместимостью 500 см⁵ вносят основной раствор в объемах, указанных в таблице 19.

Таблица 19

Концентрация калия в растворах сравнения, мг/см ³	Объём основного раствора, см ³
0,00	0
0,01	5
0,02	10
0,03	15
0,04	20
0,05	25

Для сложных удобрений допускается приготовление образцовых растворов следующим образом: в мерные колбы вместимостью 200 см³ вносят основной раствор и соляную кислоту в количествах, указанных в таблице 20. Растворы доводят водой до метки и тщательно перемешивают.

Таблица 20

Концентрация калия в образцовом растворе, мг/см ³	Объём основного раствора, см ³	Объём соляной кислоты, см ³
0,00	0	10
0,01	2	10
0,02	4	10
0,03	6	10
0,04	8	10
0,05	10	10

Образцовые растворы при анализе однокомпонентных удобрений готовят так же, но без введения соляной кислоты. Точные данные о растворах, добавляемых к образцовым растворам. Устанавливают в нормативно-технической документации на конкретный продукт.

Построение градуировочного графика. Проводят фотометрические измерения заранее приготовленных образцовых растворов. По каждому раствору записывается измерение прибора после того, как стрелка микроамперметра остановится.

По окончании измерений построить калибровочный график, откладывая по оси абсцисс концентрацию калия в растворах сравнения, по оси ординат – соответствующие им показания прибора.

Масштаб градуировочного графика: по оси абсцисс 0,01 мг/см³ K⁺ – 5 мм; по оси ординат одно деление прибора – 2 мм.

Каждая точка градуированного графика должна представлять собой среднее арифметическое из трех результатов измерений.

Ход анализа. Взвешивают 5 г просеянной пробы с погрешностью не более 0,001 г, помещают в мерную колбу на 500 см³, добавляют 150-200 см³ воды, доводят до кипения и кипятят в течение 10 минут. Затем раствор охлаждают, доводят водой до метки, перемешивают и фильтруют

через сухой складчатый фильтр в сухой стакан, отбрасывая первую порцию фильтрата объемом 50 см³.

Далее 50 см отфильтрованного раствора отбирают пипеткой в мерную колбу вместимостью 250 см³ доводят водой до метки и тщательно перемешивают. 25 см³ полученного раствора отбирают в мерную колбу на 250 см³, доводят водой до метки, и тщательно перемешивают. Полученный раствор вводят в пламенный фотометр, снимают показания прибора и по графику находят концентрацию калия в анализируемом растворе, затем измерения повторяют и получают второй результат.

При значительных колебаниях давлений воздуха и газа рекомендуется применять метод ограничивающих растворов сравнения. При определении по этому методу перед началом измерения в распылителе вводят раствор сравнения с максимальным содержанием хлористого калия и устанавливают стрелку измерительного прибора на деление, соответствующее данному раствору сравнения на графике.

При проведении измерений в распылителе поочередно вводят анализируемый раствор и два ограничивающих раствора сравнения, для одного из которых отсчет по шкале больше, для другого – меньше, чем для анализируемого. Для исключения влияния изменения давления газа и воздуха измерения повторяют в обратном порядке.

Для расчётов берут среднее значение из двух измерений.

Обработка результатов. Массовую долю калия в необожженном продукте в пересчете на K₂O в процентах вычисляют по формулам: при определении по градуировочному графику (X):

$$X = (C_1 - C_2) / 2 \times 500 \times 250 \times 1,205 \times 100 / m \times 50 \times 25$$

при определении по методу ограничивающих растворов (X₁):

$$X_1 = C'_1 \times (C'_1 - C'_2) \times (K_x - K_1) / K_2 - K_1 \\ \times 500 \times 250 \times 250 \times 1,205 \times 100 / m \times 50 \times 25,$$

где C'_1 и C'_2 – концентрации калия, полученные по градуировочному графику при первом и повторном определении, мг/см³; C_1 – концентрация калия в растворе сравнения с меньшей концентрацией, мг/см³; C_2 – концентрация калия в растворе сравнения с большей концентрацией, мг/см³; K_1 , K_2 – показания прибора при измерении растворов сравнения с меньшей и большей концентрацией калия соответственно; K_x – показания прибора при измерении анализируемого раствора; m – масса навески анализируемой пробы, г; 1,205 – коэффициент пересчета K_x на K_2O .

Аппаратура, материалы и реактивы: фотометр пламенный; калий хлористый х.ч.; калий, основной раствор с концентрацией 1 мг калия в 1 см³.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Свойства, состав и применение хлористого калия.
2. Каковы свойства и условия эффективного применения калийной соли ?
3. Как относятся основные сельскохозяйственные культуры к различным калийным удобрениям.
4. Взаимодействие калийных удобрений с почвой.
5. Условия, дозы и способы применения калийных удобрений.
6. Динамика потребления калия растениями. Форма, нормы, сроки внесения и способы заделки калийных удобрений под важнейшие сельскохозяйственные культуры.
7. Группировка соединений калия в почве. Сернокислые калийные удобрения, их свойства, применение.
8. Баланс калия в земледелии. Вынос калия с урожаями основных сельскохозяйственных культур, возделываемых в области.
9. Влияние известкования, погодных и других условий на эффективность калийных удобрений. Формы и

нормы калийных удобрений под основные сельскохозяйственные культуры.

10. Использование различных форм калийных удобрений. Значение содержащихся в удобрениях хлоридов и сульфатов натрия и магния для растений.

11. Взаимодействие калийных удобрений с почвой и растением. Нормы и сроки внесения калийных удобрений под основные сельскохозяйственные культуры.

12. Значение калийных удобрений в повышении урожая в различных почвенно-климатических зонах. Калий-содержащие промышленные отходы и их применение.

13. Месторождения калийных солей. Их использование.

14. Хлорсодержащие калийные удобрения, свойства. Взаимодействие с почвой. Особенности применения.

15. Определите потребность картофеля (площадь 75 га) в хлористом калии, если для получения планируемой урожайности требуется внести по 120 кг K_2O на га. Рассчитайте потребность хлористого калия в т/га.

16. Техника внесения удобрений.

17. Картограммы, их значение. Книга учета минеральных удобрений.

18. Сроки и способы внесения минеральных удобрений.

19. Хранение минеральных удобрений. Техника безопасности при работе с удобрениями.

20. Смешивание минеральных удобрений. Правила приготовления смесей.

21. Способы уточнения норм минеральных удобрений в зависимости от обеспеченности почв элементами питания.

22. Роль микроэлементов в жизни растений. Содержание их в почве.

23. Микроудобрения, основные формы. Характеристика. Способы применения.

24. Понятие о комплексных удобрениях. Перспективы применения.

25. Сложные удобрения. Характеристика. Применение.
26. Комбинированные удобрения. Способ получения. Характеристика.
27. Жидкие сложные удобрения, свойства, особенности их применения.
28. Доступность элементов питания почвы, минеральных и органических удобрений.
29. Прямое действие и последствия удобрений, роль в общем балансе удобрений.

Определение общей нейтрализующей способности извести титрованием

Значение анализа. Основной целью применения известковых удобрений является нейтрализация почвенной кислотности.

Нейтрализующая способность наиболее распространенных известковых удобрений принадлежит главным образом карбонатам кальция и магния. Но факторами нейтрализации почвенной кислотности, кроме карбонатов, являются также и свободные окиси и гидроокиси. Поэтому для агрономических целей при анализе известковых удобрений необходимо определение общей нейтрализующей способности известковых удобрений.

Метод основан на взаимодействии известкового удобрения при нагревании с титрованной соляной кислотой:



По количеству кислоты вычисляют нейтрализующую способность, выражая ее в процентном содержании CaO и CaCO₃.

Ход анализа. Взять навеску тщательно растертого известкового удобрения в количестве 0,5 г (на теххимических весах) и поместить в плоскодонную колбу.

Для смачивания извести в колбу прибавить 10 мл дистиллированной воды.

Осторожно прилить 25 мл титрованного раствора 1 Н НСl. Добавить в колбу дистиллированной воды, примерно 200 мл (уровень жидкости в колбе отметить).

Колбу нагревать при частом встряхивании жидкости и постепенно довести до кипения.

Кипячение продолжать 30 минут (при испарении жидкости вовремя кипения ее доводят горячей водой до первоначального объема).

Снять колбу с плитки, охладить и раствор перенести в мерную колбу на 250 мл, долить до черты, тщательно перемешать и отфильтровать.

Для титрования взять 50 мл фильтрата и оттитровать 0,1 нормальным раствором щелочи в присутствии 3 капель метилоранжа.

Необходимо определить количество щелочи, пошедшее на нейтрализацию 0,1 и НСl (холостое определение).

Разница в количестве миллилитров щелочи, пошедшей на титрование 50 мл 0,1-нормального раствора НСl, и служит для расчета нейтрализующей способности удобрения.

Произвести вычисления, пользуясь формулой:

$$X = (50 \times K - a \times K_1) \times 5 \times 100 / H \times 1000,$$

где X – содержание CaCO₃ в удобрении (%); 50 – количество миллилитров фильтрата, взятого для титрования; K – поправка к титру 1 Н раствора НСl, взятой для определения; a – количество миллилитров 0,1 Н раствора щелочи; K₁ – поправка к титру щелочи; 5 – коэффициент для пересчета миллилитров 0,1 Н раствора НСl в мг CaCO₃; H – навеска удобрения в 50 мл фильтрата, г; 1000 – число для перевода граммов в миллиграммы; 100 – для пересчета на %.

Таблица 21 – Данные анализа записать по форме

	№ образца
1	Навеска удобрений, г
2	Прилито 1 Н раствора HCl, мл
3	Поправка к титру 1 Н HCl
4	Всего прилито 1 Н HCl, мл
5	Доведено водой до объёма, мл
6	Взято фильтрата на титрование, мл
7	Навеска удобрения, соответствующая фильтрату, взятому для определения
8	Пошло на титрование 0,1 Н щелочи, мл
9	Поправка к титру щелочи
10	Всего пошло на титрование 0,1 Н раствора щелочи, мл
11	Количество 0,1 Н раствора HCl, пошедшее на разложение NaOH, мл
12	Содержание CaCO ₃ в удобрении, %
13	

Оборудование и реактивы: набор известковых материалов (туков); теххимические весы, плоскодонная колба; электроплитка, водяная баня; мерная колба на 250 мл; пипетки на 10 и 50 мл; бюретки для титрованных растворов; 1 Н раствор HCl; метилоранж; 0,1 Н раствор щелочи (KOH или NaOH).

Контрольные вопросы для самопроверки

1. На какие группы подразделяются известковые удобрения?

2. Дайте характеристику твердых и мягких известковых пород.

3 Назовите отходы промышленности, используемые для известкования, и дайте их характеристику.

4. Как определяются дозы известковых удобрений? Влияние известкования на мобилизацию питательных веществ почвы.

5. Как происходит взаимодействие извести с почвой, какое влияние она оказывает на свойства почвы?

6. Рассчитайте дозу известковой муки, содержащей 45% CaO , для овощного севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, если pH_{KCl} 5,6; Hг равна 4,5 мг-экв. на 100 г почвы.

7. Установите дозу известкового материала, содержащего 85% CaCO_3 , для севооборота со льном на светло-серой среднесуглинистой почве, зная, что pH_{KCl} 4,6.

8. Установите потребность дерново-подзолистой почвы в известковании и рассчитайте дозу известковой муки, содержащей 50% CaO , для овощного севооборота по следующим показателям: $\text{Hг} = 4$ мг-экв. на 100 г почвы; 8,5 мг-экв. на 100 г почвы.

9. Дефекат. Характеристика. Использование

3.2. АНАЛИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Для оценки удобрительных достоинств органических удобрений надо знать, сколько в них содержится основных элементов питания, то есть их химический состав, как они используются растениями в год внесения и за севооборот. Знание химического состава органических удобрений дает возможность более рационально использовать минеральные туки.

Определение аммиачного азота в навозе колориметрическим методом по И.Э. Ромашкевичу

Значение анализа. Определение аммиачного азота в навозе имеет важное значение для характеристики его качества, так как действие навоза на урожай сельскохозяйственных культур в первый год исключительно зависит от содержания в нем усвояемого аммиачного азота. В навозе крупного рогатого скота и свиней аммиачный азот при удовлетворительном хранении составляет 20-40% от общего содержания азота, или 0,1-0,2% от массы навоза.

Более низкое содержание или почти полное отсутствие в навозе аммиачного азота указывает на слабую степень его разложения либо на плохие условия хранения и низкое качество его как удобрения, в первый год.

Принцип метода. Аммиак вытесняется из навоза и одновременно связывается 0,05 N HCl ($\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{Cl}$). В полученной солянокислой вытяжке проводится колориметрическое определение NH_4^+ , основанное на том, что при взаимодействии солей аммония с реактивом Несслера образуется йодистый меркураммоний:



дающий желтую окраску раствора, тем более интенсивную, чем больше в растворе аммония. Сравнивая в элек-

трофотокolorиметре интенсивности окраски испытуемого раствора с окраской образцового раствора, имеющего известную концентрацию аммония, определяют содержание NH_4 в испытуемом растворе.

Ход анализа. 12,5 г навоза растирают в ступке, и перемещают в колбу, куда приливают 250 мл 0,05 Н НСl.

Содержимое колбы взбалтывают 30 минут, а затем фильтруют. Первые мутные порции фильтрата следует перенести обратно на фильтр.

Из отфильтрованной вытяжки берут 20 мл фильтрата, переносят в мерную колбу на 250 мл, доводят дистиллированной водой до метки и хорошо перемешивают. Из этого раствора берут 25 мл, переносят в колбу на 100 мл, прибавляют 2 мл 50%-ного раствора сегнетовой соли, доливают дистиллированной водой, примерно до 3/4 объема колбы, тщательно перемешивают и приливают 4 мл реактива Несслера, доводят водой до черты и анализируют.

В другой мерной колбе на 100 мл готовят образцовый раствор: наливают объема колбочки без аммиачной воды и добавляют 2 мл 50%-ного раствора сегнетовой соли и 4 мл реактива Несслера. Хорошо перемешивают, доводят водой до метки и сравнивают окраску испытуемого раствора с окраской образцового раствора на ФЭКе при синем свето-фильтре в кюветах па 50 мл

Содержание азота рассчитывают по формуле:

$$\text{NH}_4 (\%) = a \times 100 / \text{H},$$

где a – содержание аммиачного азота в мг по калибровочной кривой; H – навеска навоза в мг, отвечающая 25 мл раствора (рассчитать); 100 – для пересчета на %.

Оборудование и реактивы: ФЭК; ступки; колбы на 500 мл, мерные колбы на 100 мл; ротатор; фильтровальная бумага; сегнетовая соль, 50%-ный раствор; реактив Несслера; образцовый раствора NH_4 .

Определение кислотности, зольности и влажности торфа

Значение анализа. Для оценки качества торфа как удобрения важно знать его кислотность, зольность, влажность и содержание питательных веществ.

Обычно различают три типа торфяных болот – верховые, низинные и переходные. Химический состав торфа весьма разнообразен. В среднем в верховом торфе имеется около 98% органического вещества, 2 – зольных веществ, 0,8 – азота, 0,25 – кальция, 0,05 – фосфора и 0,03 – калия.

Торф низинных болот в среднем содержит: органического вещества – 90%, золы – 10, азота – 2,5, кальция – 4,0, фосфора – 0,25 и калия – 0,10. Низинный торф по количеству питательных веществ значительно богаче верхового. Кроме того, верховой торф обладает повышенной кислотностью, в то время торф низинных болот слабокислый, а иногда нейтральный.

Основную массу торфа следует использовать как сырье для приготовления удобрений. Для повышения усвояемости азота и удобрительных свойств торфа его используют для приготовления различных компостов. Наиболее пригодным для этих целей является низинный торф с нормальной зольностью (10-15%) и с повышенной степенью разложения.

Влажность торфа, идущего на компостирование, не должна превышать 60%.

Определение кислотности торфа. Из пробы торфа, взять навеску 5 г, перемести ее в стаканчик на 100 мл и залить 50 мл 1 Н раствора хлористого калия (при определении актуальной кислотности – 50 мл дистиллированной воды). Затем ход работы ведется так же, как и при определении актуальной и обменной кислотности почвы, электрометрическим методом.

Определение зольности и влажности торфа. Для

определения зольности торфа 3-5 г воздушно-сухого торфа помещают в прокаленный и взвешенный фарфоровый тигель (торф должен занимать не более 2/3% объема тигля) и озолют в муфельной печи.

Одновременно для определения влажности берут навеску торфа в сушильный стаканчик (до % объема), предварительно высушенный и взвешенный. Взвешивают стаканчик с сырым торфом на весах, после чего помещают его с открытой крышкой в сушильный шкаф и высушивают до постоянной массы (пока расхождение между последним и предыдущим весом не станет меньше 0,01 г. Влажность торфа в процентах вычисляют по формуле:

$$B = (b - r) \times 100 / r - a,$$

где а – масса пустого стаканчика, г; б – масса стаканчика с сырым торфом, г; г – масса стаканчика с сухим торфом, г; 100 – коэффициент для пересчета, %.

Тигель с навеской торфа для озоления ставят в муфельную печь и нагревают до сгорания торфа. После сгорания торфа (когда прекратится выделение дыма) золу прокаливают 2 часа в муфельной печи при температуре 650-750 °С до получения однородного окрашивания золы.

По окончании прокаливания слегка охлажденный тигель ставят в эксикатор для полного охлаждения, затем взвешивают и вновь прокаливают в муфеле в течение 1 часа, охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Так поступают до получения постоянной массы.

Зольность торфа в % (X) вычисляют по формуле:

$$X = (a - b) \times 100 / H,$$

где а – масса тигля с золой, г; б – масса пустого прокаленного тигля, г; H – навеска торфа, взятая для озоления, г; 100 – коэффициент для пересчета в %.

Материалы и оборудование: образцы торфа; сушильные стаканчики; фарфоровые тигли; весы; муфельная печь; эксикатор; рН-метр; 1 н раствор KCl; дистиллированная вода.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Значение органических удобрений в круговороте питательных веществ в земледелии. Разновидности навоза.

2. Значение правильного сочетания органических и минеральных удобрений. Подстилочный навоз, его состав, изменения при хранении.

3. Состав подстилочного и бесподстилочного навоза. Использование навоза в хозяйстве.

4. Приемы повышения качества и удобрительной ценности подстилочного навоза. Действие и последствие навоза в различных почвенно-климатических зонах.

5. Способы хранения подстилочного навоза и их оценка. Дозы навоза под основные сельскохозяйственные культуры.

6. Сравнительное действие и последствие подстилочного и бесподстилочного навоза на урожай сельскохозяйственных культур.

7. Использование в хозяйстве подстилочного навоза разной степени разложения. Механизация работ по подготовке, транспортировке и внесению навоза в почву.

8. Использование навоза в хозяйстве. Усвояемость растениями азота, фосфора, калия из навоза и минеральных удобрений.

9. Состав навозной жижи и птичьего помета. Их использование в хозяйстве.

10. Значение навоза и торфа в сельском хозяйстве. Агрохимическая характеристика торфов.

11. Использование торфа в сельском хозяйстве с учетом его свойств.

12. Использование навоза и торфа в защищенном грунте. Сравнительная оценка их удобрительных свойств.

13. Значение торфа и зеленого удобрения в сельском хозяйстве. Формы использования зеленого удобрения.

14. Значение сидератов. Комплексное использование бобовых сидератов, особенности применения удобрений под эти культуры.

15. Химический состав и удобрительная ценность навоза и бобовых сидератов. Сравнительная усвояемость растениями питательных веществ из этих удобрений.

16. Способы хранения подстилочного навоза. Изменения в навозе при хранении. Использование навоза разной степени разложения.

17. Особенности применения удобрений на осушенных торфяниках. Значение медных микроудобрений.

18. Значение приготовления компостов в хозяйстве. Основные виды компостов. Их использование.

19. Приготовление и использование различных торфяных компостов в хозяйстве.

20. Техника приготовления различных компостов. Их роль для защищенного фунта.

21. Значение зеленого удобрения для малопродуктивных песчаных почв. Формы использования зеленого удобрения.

22. Организация хранения навоза. Процессы, происходящие при разложении навоза. Определите его выход в хозяйстве.

23. Значение навоза в связи с расширением производства промышленных удобрений в оценке Д.Н. Прянишникова. Способы увеличения выхода и улучшения качества органических удобрений.

24. Бесподстилочный навоз. Его состав, использование и эффективность в сравнении с подстилочным навозом.

25. Влияние органических удобрений на свойства почвы. Дозы, глубина заделки и способы внесения органических удобрений в различных почвенно-климатических зонах.

26. Хранение и использование подстилочного и бесподстилочного навоза в хозяйстве. Их действие и последствие на урожай сельскохозяйственных культур.

27. Состав подстилочного и бесподстилочного навоза. Использование питательных веществ из органических и минеральных удобрений.

28. Агроэкономическая эффективность применения органических удобрений.

29. Использование соломы на удобрение.

30. Сапропель и его использование на удобрение.

31. Зеленое удобрение. Распространенные сидераты. Характеристика. Способы использования.

32. Нитрагин. Характеристика. Особенности применения.

РАЗДЕЛ 4 АНАЛИЗ РАСТЕНИЙ

4.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ, ПОТРЕБЛЯЕМЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ КУЛЬТУРАМИ

Для того, чтобы получать высокие и полноценные урожаи сельскохозяйственных культур, обеспечить эффективное использование удобрений, надо знать, что нужно растениям. Это можно установить, если спросить мнение «самого растения». Значительную информацию о потребностях растения можно получить, используя химический анализ.

С помощью анализа растений можно определить потребность различных сельскохозяйственных культур в удобрениях, установить действие удобрений на урожай и качество, объяснить результаты полевых опытов с удобрениями и т.д.

Для оценки качества продукции важно знать содержание элементов питания в урожае и его химический состав.

Основными качественными показателями зерновых и кормовых культур являются: содержание азота, белка, крахмала, клетчатки, жира, а также зольных элементов; для овощных и картофеля содержание углеводов (сахара, крахмала), витаминов и кислотности.

Отбор растительных образцов и подготовка их к анализу

Приемы отбора и составление средней пробы при оценке качества продукции (семена, корнеплоды, кочаны) различны и зависят как от объекта исследований, так и задач, которые разрешает конкретный анализ.

Ниже приведены некоторые приемы отбора средней и аналитической проб для отдельных культур.

Клубни и корнеплоды. Из общей массы 5-10 т в различных 10-20 участках отбирают подряд 50 шт. клубней или корнеплодов, затем их сортируют на фракции (крупные, средние, мелкие), находят долю каждой в общей массе и составляют аналитическую пробу 1-2 кг. Если клубни или корнеплоды крупные, их режут и берут для анализа 1/2, 1/4, 1/8 и т.д. Аналогично отбирают пробу капусты, тыквы и др.

Овощи, плоды измельчают на терках, соковыжималках или других измельчителях и проводят необходимые анализы или консервируют.

Такие показатели, как витамины (С, А), крахмал, органические кислоты в плодах и овощах необходимо определять сразу после отбора образцов.

Зерно, корма. Средние пробы зерна, концентрированных кормов, муки отбирают в виде отдельных проб с помощью щупов или специальной лопатой из разных мест кучи, мешков, вагонов, которые смешивают и получают средний образец, вес которого 1-2 кг на каждые 10-20 т.

Из среднего образца отбирают аналитический – весом 0,2—0,5 кг.

Сено, солома. При отборе средней пробы сено берут крюком из разных мест стога и на разной глубине, не теряя листочки, соцветия и мелкие стебельки. Средняя проба должна быть не менее 2-5 кг на каждые 5-10 т. Отобранное сено и солома измельчаются. Длина резки 1-3 см. Полученную массу раскладывают тонким слоем и отбирают для анализа аналитическую пробу весом 0,2-0,5 кг.

Отобранные пробы (зерно, солома, сено) высушивают, измельчают на мельницах, просеивают и хранят в банках с притертыми крышками.

Зерновые. Отбор средних растительных проб у зерновых культур чаще всего проводится по фазам роста. Растения отбирают на типичных участках, с 2-3 смежных ряд-

ков на протяжении одного погонного метра или с $1/4 \text{ м}^2$ в разных местах поля или делянки. Вес сырого образца составляет 1-1,5 кг. В поле растение освобождают от почвы легким встряхиванием и завертывают в бумагу. В лаборатории пробу разбирают, исследуют, взвешивают и т.д., доводят до воздушно-сухого состояния и снова взвешивают. Далее пробу измельчают на лабораторной мельнице или ножницами и затем отбирают аналитическую пробу весом 50-100 г.

Все операции по отбору, а в случае необходимости – фиксации образцов, должны быть проведены в один и тот же день. Образцы нельзя отбирать во время дождя, полива или сразу после них.

После взятия образцы растений разделяют на основные части – зерно, солому, корни, ботву, каждую часть отдельно взвешивают и определяют соотношение по массе (в % от общей массы растений). Если масса отобранных с делянки растений слишком велика для образца, ее уменьшают после тщательного усреднения. Средние образцы картофеля, подсолнечника, кукурузы, силосных культур формируют обычно из 10 типичных растений, а сахарной свеклы – 20-40 растений по диагонали участка.

Определение влаги и сухого вещества

Значение анализа. Содержание сухого вещества и воды в растениях зависит от возраста, физиологического состояния органов тканей и растения в целом, условий выращивания.

В большинстве вегетативных органов сельскохозяйственных культур содержится воды 80-95%, сухих веществ – 5-20%.

Основная цель определения влаги или сухого вещества при исследовании растительных веществ, главным образом, – создание таких условий в аналитической работе, при которых получаемые результаты были бы сравни-

мы. Наиболее распространенным методом определения влаги является метод высушивания веществ при температуре 100-105 °С до постоянного веса.

Ход анализа. Чистые бюксы при открытой крышке просушивают при температуре 100-105°С в течение 30 минут, охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,001 г. Из подготовленной аналитической пробы, размолотой до 1 мм, во взвешенные бюксы берут произвольное количество (от 2 до 5 г) материала, взвешивают и ставят открытый бюкс в сушильный шкаф при температуре 100-105°С. Высушивание навески проводят в течение 4-6 часов, после чего закрытый бюкс охлаждают в эксикаторе (20-30 мин) и взвешивают. Однако высушивание навески в течение 4-6 часов для удаления гигроскопической воды бывает недостаточно. Поэтому бюксы после взвешивания снова ставят на два часа в сушильный шкаф при той же температуре. Затем охлаждают и снова взвешивают. Сушить и взвешивать необходимо до тех пор, пока разница между последними весами будет не более 0,002 г.

Вычисление результатов анализа. Содержание влаги (X) в %рассчитывают по формуле:

$$X = (v - c) / (c - a)$$

где а – масса пустого бюкса, г; в – масса бюкса с исходной навеской материала, г; с – масса бюкса с навеской после высушивания, г.

Результаты анализа записывают по форме таблица 22.

При определении сухого вещества и влаги в свежем растительном материале (овощи, картофель) высушивание проводят в чашках Петри или Коха при температуре 120-130 °С в течение 20-30 минут, затем температуру снижают до 85-100 °С и сушат при хорошей вентиляции до удаления основной влаги, после чего высушивание проводят при температуре 100-105 °С до постоянного веса.

Таблица 22

Дата	Вид и номер образца	Номер бюкса	Масса, г				Содержание	
			бюкса	бюкса с навеской	бюкса после высушивания		воды	сухого вещества
					первого	второго		

Материалы и оборудование: образцы воздушно-сухого растительного материала; весы аналитические; термостат; бюксы; эксикатор с прокаленным хлористым кальцием; чашки Петри.

Определение «сырой» золы

Значение анализа. Определение количества золы необходимо для оценки общего содержания «зольных элементов» в растениях и характеристики качества кормов. Сухое озолечение используется как подготовительный этап при проведении количественного анализа растительных материалов на содержание отдельных зольных элементов питания растений – фосфора, калия, кальция, магния, других макро- и микроэлементов.

Часто анализ ограничивается определением общего содержания минеральных веществ, при том в той форме, в какой они остаются после сухого озолечения, т.е. ограничиваются определением общего количества так называемой «сырой», или нечистой золы («сырая» зола – так как содержит глину, песок и различные соли углекислоты). «Сырая» зола дает лишь приблизительно представление о количестве минеральных веществ растения, при более точных исследованиях определяют «чистую» золу, не содержащую песка, пестревших частиц угля и углекислоты. В золе можно определить и ряд зольных элементов.

Ход анализа. Фарфоровые тигли нумеруют 0,5 % -ным раствором хлорного железа и прокаливают в муфель-

ной печи 30-50 мин при температуре 500-600 °С. Охлаждают и взвешивают. В них помещают 1-2 г воздушно-сухого растительного материала и снова взвешивают для определения величины исходной навески. Тигли ставят в холодную муфельную печь, – доводят температуру до 200 °С, а через час – до 525-550 °С. Сжигание проводят до тех пор, пока зола не приобретет светло серый цвет. Для полного сжигания необходимо 5-6 часов. После сжигания тигли с золой охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах. Путем повторного прокаливания в течение 20-30 мин и взвешивания после охлаждения убеждаются в установлении постоянной массы золы. Запись ведут по форме таблица 23.

Таблица 23

Дата	Вид материала и номер образца	Номер тигля	Масса, г				
			прокаленного тигля	тигля с навеской	тигля с золой при взвешивании		% золы в материале
					первый	второй	

Содержание «сырой» золы (X в %) вычисляют по формуле:

$$X = c - a / v - a \cdot 100,$$

где а – масса пустого тигля, г; в – масса тигля с исходной навеской, г; с – масса тигля с прокаленной золой, г; 100 – для пересчета в %.

Материалы и оборудование: образцы воздушно-сухого растительного материала; весы аналитические; муфельная печь; тигли фарфоровые; эксикатор; тигельные щипцы; 0,5%-ный раствор хлорного железа.

Определение общего содержания азота в растениях по Кьельдалю

Значение анализа. Среди азотистых веществ, входящих в состав растений, наибольшую пищевую и кормовую ценность представляют белки. Для оценки: Качества продукции необходимо определить их содержание. Содержание белков в различных растениях и их органах колеблется в широких пределах: люпин – 35%, вика – 28%, горох – 22-34%, зерно пшеницы – 10-20%, семена подсолнечника – 13-19%, кукурузы – 10-14%, овса – 9-19%.

Наряду с белками в растениях присутствуют небелковые азотистые вещества – свободные аминокислоты, пептиды, аммиак, амиды, которые составляют около 10% от общего содержания азотистых веществ.

Ход анализа. Навеску 0,5 г тонко измельченных семян или 1 г сухой зеленой массы растений помещают в колбу Кьельдаля емкостью 500-1000 мл, приливают туда с помощью мерного цилиндра или автоматической пипетки 10-15 мл концентрированной серной кислоты H_2SO_4 и оставляют на 12-24 часа. После этого в колбу добавляют 0,1 г селена или 0,5 г сернокислой меди, ставят ее в наклонном положении на электрический нагреватель, вставляют в горлышко колбы маленькую воронку и начинают постепенно (во избежание вспенивания) нагревать содержимое колбы. Кипятят содержимое колбы до полного обесцвечивания жидкости, что указывает на окончание сжигания вещества. В период сжигания следует избегать бурного кипения, так как при действии очень высокой температуры возможны потери азота вследствие частично-го выделения его в молекулярный азот.

Для предотвращения сильного вспенивания рекомендуется в колбу перед сжиганием добавлять кусочек парафина.

Закончив сжигание вещества и охладив колбу Кьельдаля, в нее осторожно добавляют 150-200 мл дистиллиро-

ванной воды (примерно до 1/2 объема) и 1-2 капли фенолфталеина. Затем готовят приемник: в колбу или стакан емкостью 300-500 мл наливают из бюретки 30-40 мл 0,1 N раствора H_2SO_4 и прибавляют 3-4 капли индикатора – метилового красного, или смешанного индикатора Гроака. Приемный стакан или колбу устанавливают под холодильник аппарата Кьельдаля так, чтобы и кончик трубки холодильника был погружен в кислоту.

Затем, держа в одной руке отгонную колбу в наклонном положении и пробку над отгонной колбой, другой рукой по внутренней стенке колбы приливают из цилиндра 60 мл 33-40% раствора щелочи так, чтобы она вся опустилась на дно колбы (последнее необходимо для предупреждения потерь аммиака, образующегося в процессе взаимодействия между щелочью и сульфатом аммония).

После вливания щелочи колбу немедленно закрывают пробкой. Содержимое ее осторожно взбалтывают. Появление после взбалтывания темно-розового окрашивания раствора укажет на то, что щелочи влито достаточное количество, при отсутствии окрашивания ее необходимо добавлять, размещают отгонную колбу над нагревательным прибором и отгоняют аммиак. Окончание отгона контролируют реактивом Несслера. Для этого на чашки Петри помещают несколько капель из приемника и добавляют реактив Несслера, который дает с аммиаком желто окрашенное соединение.

По окончании отгона конец трубки холодильника ополаскивают дистиллированной водой в приемник и содержимое его титруют 0,1 N раствором щелочи до перехода окраски жидкости и стакана из синей в красную, если применялся индикатор конго красное, из красной в золотистую при индикаторе метиле красном; из фиолетовой в зеленую – при индикаторе Гроака. В случае изменения окраски жидкости в приемнике еще в процессе отгона сле-

дует немедленно прилить в приемник дополнительно 20 мл 0,1 Н раствора серной кислоты (записать), вычисление результатов анализа ведут по формуле:

$$X = (a \times T_1 - b \times T_2) \times 0,1 \times 0,014 \times 100 / H$$

где X – содержание азота (% на абсолютно сухое вещество); H – навеска исследуемого вещества, г; а – количество 0,1 Н раствора серной кислоты, взятой в приемник, мл; T₁ – поправка к титру этой кислоты; б – количество 0,1 Н раствора щелочи, пошедшее на титрование остатка серной кислоты в приемнике, мл; T₂ – поправка к титру этой щелочи; 0,1 Н – нормальность титрованного раствора серной кислоты; 0,014 – количество азота, составляющее 1 мг, г; 100 – для выражения результатов в процентах.

Для того, чтобы по найденному количеству азота определить содержание белка в растении необходимо найденную величину азота умножить на 6,25. Коэффициент 6,25 получается из следующей пропорции:

$$\begin{aligned} 16 \text{ г азота} & - 100 \text{ г белка} \\ 1 \text{ г азота} & - X \text{ г белка} \end{aligned}$$

Коэффициент 6,25 не является постоянным. Для семян следующих растений в соответствии с содержанием азота в белках пользуются иным коэффициентом (табл. 24).

Таблица 24 – Коэффициент пересчета азота на белок

Семена	Содержание азота в белке %	Коэффициент пересчета на белок
гречиха, кукуруза, фасоль	16,68	6,00
вика, боб, горох, овес, пшеница, ячмень	17,00	5,70
лен, конопля, подсолнечник, люпин	18,20	5,50

Оборудование и реактивы: аналитические весы; прибор Кьельдаля; колбы Кьельдаля; стаканы на 250 мл; воронки диаметром 6 см; палочки с резинкой; бюретка; нагревательные приборы для сжигания; серная кислота, удельного веса 1,84; металлический селен (в порошке); сернокислая медь $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; 0,1 Н раствор H_2SO_4 ; реактив Гроака; 33-40%-ный раствор щелочи; реактив Несслера; 0,1% раствор едкого натрия или едкого калия.

***Определение содержания
азота, фосфора и калия в одной навеске***

Значение анализа. По количеству содержащихся в растениях элементов минерального питания можно судить о выносе, элементов питания с урожаем основной и побочной продукции, планировать, дозы применения удобрений.

Принцип метода. В процессе мокрого озоления органического вещества смесью серной и хлорной кислот или смесью серной кислоты и пергидроля аммиачный азот восстанавливается до аммиака и связывается в дальнейшем в виде сернокислых солей, а фосфор в виде ортофосфатов.

Ход анализа. 0,2 г размолотого растительного материала помещают в колбу Кьельдаля емкостью 50-100 мл, в которую приливают 5,5 мл смеси серной и хлорной кислот. Содержимое колбы перемешивают и оставляют на ночь. На другой день помещают на водяную баню и кипятят до обесцвечивания. Если через 30-40 минут обесцвечивание не произойдет, колбу охлаждают и приливают 1-2 капли смеси серной и хлорной кислоты. После обесцвечивания содержимое колбы продолжают кипячение еще 15 минут для полного испарения хлорной кислоты. Затем содержимое колбы переносят в мерную колбу на 100 мл, смывая ее дистиллированной водой, после охлаждения доводят до метки, тщательно перемешивают.

Полученный раствор – исходный для определения азота, фосфора и калия.

Определение азота. 2 мл исходного раствора помещают в мерную колбу на 100 мл, приливают 20-30 мл дистиллированной воды и нейтрализуют 5%-ным раствором NaOH по лакмусовой бумаге. При посинении красной лакмусовой бумаги добавляют по капле 1%-ный раствор серной кислоты и доводят до слабокислой реакции. Затем опять добавляют 1 каплю NaOH и заканчивают нейтрализацию. К полученному раствору приливают 2 мл 50%-ного раствора сегнетовой соли. Объем колбы до 2/3 доливают водой и добавляют 2 мл реактива Несслера. Перемешивают, доливают водой до метки. Затем проводят колориметрирование при синем светофильтре.

Для построения калибровочной кривой в мерные колбы на 100 мл набирают 1, 5, 10, 15, 20 мл образцового раствора NH_4Cl , содержащего 0,005 мг NH_4 в 1 мл, или 0,0039 мг/мл N). Добавляют 2 мл реактива Несслера, доводят до метки водой и колориметрируют. Образцовые и испытуемые растворы сравнивают с нулевым раствором. На основании показаний ФЭКа при колориметрировании образцового раствора строят калибровочный график

Расчет ведут по формуле:

$$N = M \times 100 / H,$$

где M – количество мг азота в 100 мл раствора, найденное по графику; 100 – пересчет на 100%; H – навеска материала, участвующая в анализе, мг.

Определение фосфора. В мерную колбу на 100 мл отбирают 2 мл исходного раствора, приливают около 5 мл воды, 3 капли динитрофенола и нейтрализуют 10%-ным NaOH до слабозелтого оттенка. Доливают воды до 2/3 объема колбы и 3 мл молибденовокислого аммония. Раствор в колбе доводят до метки, перемешивают, прибавляют 3 капли раствора хлористого олова, взбалтывают и через 5 минут колориметрируют в течение 15-20 мин.

Для построения калибровочной кривой в мерные колбочки на 100 мл набирают 1, 5, 10, 20 мл образцового раствора, содержащего в 1 мл 0,01 мг P_2O_5 , добавляют 34 мл молибденовокислого аммония, доводят дистиллированной водой до метки, приливают 3 капли хлористого олова и колориметрируют.

Расчет количества P_2O_5 проводят по формуле:

$$P_2O_5 = M \times 100 / H,$$

где М – количество мг фосфора в 100 мл раствора, найденное по графику; 100 – пересчет на 100%; Н – навеска материала, участвующая в анализе, мг.

Определение калия ведут на пламенном фотометре. Для этого готовят шкалу образцовых растворов КСl. Навеску 0,7914 г КСl растворяют в 1 л воды для рабочего раствора. В мерные колбочки на 100 мл набирают 0,5, 1, 2, 4, 6, 8 мл образцового раствора КСl содержащего 1 мг K_2O в 1 мл.

Исходные растворы растительного материала после озоления используют без разбавления. Одновременно проводят холостое определение, вводя в пламя фотометра растворитель.

По окончании определения строят калибровочный график, на котором на оси абсцисс наносят значения концентрации калия в мг (100 мл раствора), а на оси ординат – показания гальванометра.

Расчет ведут по формуле:

$$K_2O = M \times 100 \times 1,204 / H$$

где М – количество мг калия в 100 мл раствора, найденное по графику; 100 – пересчет на 100%; Н – навеска материала, участвующая в анализе, мг; 1,204 – коэффициент для пересчета на K_2O .

Реактивы, оборудование и материал: H_2SO_4 , удельный вес 1,84; H_2O_2 – 30% или HClO_3 – конц.; измельченные семена пшеницы, кукурузы, гороха и др. культур; 5%-ный раствор NaOH ; 1%-ный раствор H_2SO_4 ; 50%-ный раствор сегнетовой соли; реактив Несслера; образцовый раствор NH_4Cl ; насыщенный раствор динитрофенола; 10%-ный раствор NaOH ; молибденовый реактив; хлористое олово; образцовый раствор KH_2PO_4 ; образцовый раствор KCl ; фотоколориметр; мерные колбы на 100 мл; пламенный фотометр.

Определение нитратов ионоселективным электродом

Значение анализа. Количество нитратного азота в тканях растений увеличивается при замедлении процесса редукции нитратов, а также при усилении нитратного питания.

Нитраты безвредны для растений и могут накапливаться в их тканях в значительных количествах. Однако содержание нитратов в сельскохозяйственной продукции (кормах, овощах и т.д.) выше определенной концентрации может оказывать вредное действие на организм животных и человека, потребляющих такие продукты.

Предельно допустимые концентрации нитратов в овощных культурах следующие: картофель – 80 мг, капуста белокочанная и огурцы – 150, брюква – 500, лук – 640, свекла – 1400, морковь – 400, томат – 60, дыни и арбузы – 45 мг на 1 кг продукции. Суточная допустимая доза для человека – 360 мг.

Предельно допустимые концентрации нитратов и нитритов в комбикормах для крупного и мелкого рогатого скота – 500 и 10 (первое значение для NO_3 , второе – для NO_2), для свиней и птицы – 200 и 5; в грубых кормах (сено, солома) – 500 и 10; в зеленых кормах – 200 и 10; в силосе (сенаже) – 200 и 100; в зернофураже – 300 и 10; в картофеле и свекле – соответственно 300 и 10, 800 и 10 мг на 1 кг сырого продукта. Допустимая концентрация нитратов в

питьевой воде – 10 мг на 1 л.

Принцип метода. Метод основан на определении нитратов ион-селективным электродом в солевой суспензии при соотношении сухого растительного материала к 1%-ному раствору алюмокалиевых квасцов как 1 : 100; сырого растительного материала к 10%-ному раствору алюмокалиевых квасцов как 1 : 4.

Ход анализа. Пробу сухого, предварительно измельченного растительного материала массой 0,5 г помещают в бытовую банку, установленную в 10-позиционную кассету, заливают 50 мл 1%-ного раствора алюмокалиевых квасцов, закрывают крышкой и взбалтывают на ротаторе 30 мин. В полученной суспензии определяют содержание нитратов.

Пробу сырого растительного материала массой 12,5 г помещают в банку гомогенизатора, заливают 50 мл 1%-ного раствора алюмокалиевых квасцов и гомогенизируют в течение 1 мин. При отсутствии гомогенизатора пробы должны быть предварительно растерты в ступке до однородной массы, залиты раствором квасцов и в течение 30 мин перемешаны на ротаторе. При анализе влажных образцов необходимо вводить поправку на содержание воды в пробе.

Перед началом работы электрода его следует в течение суток выдержать в растворе KNO_3 с концентрацией 0,1 М.

Измерение активности нитратного иона можно проводить непосредственно в pNO_3 или делать замеры в мВ. При измерении активности нитратного иона в pNO_3 на рН-метрах, милливольтметрах (кроме ионометра) следует поставить «род работ» в положение «рН», измерительный электрод подключить к гнезду «ВСП», а вспомогательный электрод – к гнезду «ИЗМ», так как измеряется концентрация аниона (NO_3), а прибор рассчитан на измерения концентрации катиона (Н).

Ежедневно перед началом работы нитратный ионселективный электрод помещают на 10 минут в дистиллиро-

ванную воду, затем электроды вынимают из воды, обсушивают фильтровальной бумагой и проводят настройку прибора, начиная с меньшей концентрации.

Настройку прибора для измерения концентрации нитратного иона (pNO_3) проводят по трем стандартным (контрольным) растворам KNO_3 : 10^{-4} М; 10^{-3} М; 10^{-2} М, начиная с меньшей концентрации, как и настройку по рН, согласно инструкции к прибору pNO_3 этих растворов соответственно равен 4, 3 и 2.

Для настройки рН-метра в единицах pNO_3 необходимо пользоваться ручками Е – грубо и В – точно, устанавливая на приборе величины pNO_3 , равные 4 и 3, и ручкой устанавливая на приборе величину pNO_3 , равную 2. Отсчеты показаний снимают по верхней шкале на 300 мВ, работая в необходимом диапазоне, соответствующем применяемому электроду.

Электроды перед погружением в исследуемые растворы (пробы) необходимо тщательно промыть дистиллированной водой и остатки воды после промывания удалить фильтровальной бумагой. После погружения электродов в растворы последние необходимо перемешать и затем снимать показания в величинах pNO_3 .

Определение нитратов с помощью ионселективных электродов можно проводить, используя градуировочный график и снимая показания в мВ, В этом (случае нитратный ионселективный электрод подключают к гнезду «ИЗМ.», а хлорсеребряный электрод – к гнезду «ВСП». «Род работ» ставят в положение «мВ» и проводят измерения ЭДС электродной пары в стандартных и анализируемых растворах. Содержание нитратов в пробах находят, используя градуировочный график, построенный на бумаге с миллиметровой сеткой. По оси абсцисс откладывают величины pNO_3 , соответствующие стандартным растворам азотнокислого калия в молях: 10^{-1} – 1 pNO_3 ; 10^{-2} – 2 pNO_3 ;

$10^{-3} - 3 \text{ pNO}_3$; $10^{-4} - 4 \text{ pNO}_3$. По оси ординат – ЭДС в мВ.

По графику находят для соответствующих проб pNO_3 и по формуле, приведенной ниже, рассчитывают содержание азота нитратов в мг на 1 кг анализируемого материала.

Обработка результатов. При определении нитратов растений – при соотношении проба : раствор = 1 : 100 (т.е. для сухих проб) $\text{N-NO}_3 \text{ мг/кг} = \text{Antilog}(6,15 - \text{pNO}_3)$; при соотношении проба : раствор = 1 : 4 (т.е. для влажных проб) $\text{N-NO}_3 \text{ мг/кг} = \text{Antilog}(4,75 - \text{pNO}_3)$ или $10^{4,47} - \text{pNO}_3$.

Антилогарифмы находят по таблицам или логарифмической линейке. Например, если показания прибора составили 2,80 pNO_3 , то при соотношении проба : раствор = 1 : 100, формула будет следующей:

$\text{N-NO}_3 \text{ мг/кг} = \text{Antilog}(6,15 - \text{pNO}_3) = \text{Antilog}(6,15 - 2,80) = \text{Antilog} 3,35 = 2240$, так как антилогарифм мантиссы 35 равен 2240, а характеристика равна 3. Это означает 10^3 т.е. тысячи. Таким образом, в данной пробе содержится 2240 мг/кг N-NO_3 .

Эти формулы вытекают из следующих преобразований:

$$X = 10^{\text{pNO}_3} \times V / 14 - n \times 10^3,$$

где X – содержание N-NO_3 в анализируемом объекте, мг/кг; 14 – атомная масса азота, г; V – объем экстрагирующего раствора; n – навеска анализируемого материала, г; 10^3 – коэффициент перевода граммов в миллиграммы; pNO_3 – отрицательный логарифм концентрации ионов нитратов ($-\log C_{\text{N-NO}_3}$) то $C_{\text{N-NO}_3} = 10^{\text{pNO}_3}$

Если необходимо учесть влажность анализируемого материала, для пересчета на сухое вещество пользуются формулой:

$$X' = X \times 100 / 100 - W,$$

где X' – содержащие N-NO_3 мг на 1 кг сухого вещества; X – содержание N-NO_3 в анализируемом материале, рассчитанное, как указано выше; W – влажность материала, %; 100 – коэффициент пересчета в проценты.

Оборудование и реактивы: ионметр ЭВ-74, рН-метр, милливольтметр, рН-340, рН-121 или аналогичные приборы; ионселективный нитратный электрод; электрод сравнения (хлорсеребряный с насыщенным раствором хлористого калия); весы аналитические; бытовые банки или колбы на 200-250 мл; 10-позиционная кассета; ротатор; растительный материал; 1%-ный раствор алюмокалиевых квасцов.

4.2. НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА УРОЖАЯ

Определение общей кислотности плодов и овощей

Значение анализа, вкусовые качества плодов и овощей определяют органические кислоты. Но кислый вкус не всегда коррелирует с общим количеством органических кислот, так как часть из них может находиться в связанном состоянии, как, например, в шпинате, вкус которого пресный. Между тем, в шпинате количество кислот примерно такое же, как и в щавеле, который весьма кислый. По величине рН ниже 4 он обычно кислый, а при рН 6 и выше – пресный. Следовательно, вкус плодов и овощей определяется не общим содержанием кислот, а титруемой кислотностью, т.е. содержанием свободных кислот. В значительной части плодов количество свободных кислот больше, чем связанных. Содержание органических кислот определяет качество плодов и овощей при использовании их в пищу и при консервировании. По величине этого показателя устанавливают норму добавления сахара при варке компотов, разбавлении соков, в виноделии. По изменению кислотности определяют отклонение в ходе брожения при квашении капусты, солении огурцов, мочении яблок и т.д. Органические кислоты растений разнообразны и являются продуктами превращения углеводов. В зависимости от

условий выращивания сельскохозяйственных культур и их возраста кислотность плодов и овощей изменяется. Кислотность плодов в % составляет для груши 0,1-0,6, сливы – 0,4-3,5, лимона – 3,8-8,0, граната – 0,2-9.

В незрелых плодах накапливается янтарная кислота, а в зрелых – лимонная и яблочная.

Принцип метода. Метод основан на извлечении органических кислот водой с последующим титрованием и пересчетом на яблочную кислоту, так как она преобладает во многих плодах и овощах.

Ход анализа. Получение вытяжек. Из измельченной средней пробы после тщательного перемешивания берут на теххимических весах в тарированной фарфоровой чашке навеску массой 20-30 г.

Навеску тщательно омывают дистиллированной водой в мерную колбу на 200-250 мл. Жидкость в колбе доводят водой примерно до 2/3 объема. Колбу помещают в водяную баню и выдерживают 15 минут при 80 °С, которую отмечают по термометру, опущенному в одну из колб с анализируемым веществом. Для лучшего извлечения кислот содержимое колбы время от времени взбалтывают. После охлаждения до 20 °С жидкость в колбе доводят дистиллированной водой до метки, взбалтывают и фильтруют через сухой фильтр и в сухую колбу. Извлечение органических кислот из томатов проводят без внесения осадителей белков. При одновременном определении кислотности и сахароз следует использовать одну и ту же вытяжку.

Фильтрат используют для титрования по одному из методов, приведенных ниже.

Визуальное титрование по фенолфталеину. Две параллельные пробы фильтрата по 50 мл пипеткой переносят в коническую колбу на 200-300 мл, добавляют 2 капли фенолфталеина и титруют 0,1 Н раствором щелочи (NaOH или KOH) до розового окрашивания. Этот метод пригоден

только для неокрашенных или слабоокрашенных вытяжек.

Потенциометрическое титрование. При использовании этого метода окраска вытяжки не имеет значения. В небольшие стеклянные сосуды, например, широкие бюксы, пипеткой переносят в зависимости от содержания кислот по 25-50 мл вытяжки. В раствор погружают те же электроды, что и для определения рН. Затем титруют из бюретки 0,1 Н раствором едкого натра до тех пор, пока стрелка шкалы не подойдет к показанию рН 8,3 (точка перехода фенолфталеина). При этом жидкость в стакане все время осторожно (чтобы не разбить электроды) перемешивают палочкой или же используют магнитную мешалку.

Перед работой потенциометры проверяют и устанавливают по буферным растворам в соответствии с инструкцией к прибору.

Обработка результатов. Общую или титруемую кислотность (X, %) вычисляют по формуле:

$$X = a \times T \times K \times V \times 100 / b \times H,$$

где а – объем 0,1 Н щелочи, израсходованной на титрование, мл; Т – поправка к титру 0,1 Н щелочи; К – коэффициент перевода на кислоту. При анализе плодов цитрусовых культур, граната и смородины используют К = 0,0064, для других плодовых и ягодных культур – К = 0,0067; В – общий объем вытяжки, мл; б – объем вытяжки, взятой для титрования, мл; Н – навеска, взятая для извлечения кислот, г.

Расхождение между двумя параллельными определениями не должно превышать 0,02%.

Оборудование и реактивы: водяная баня; мерная широкодонная колба 200 мл; колбы конические 100-200 мл; воронка; пипетка; микробюретка; фильтр; 0,1 Н NaOH; фенолфталеин; лакмусовая бумага; рН-метр.

Определение сырого жира в растениях

Значение анализа. Растительные жиры – главный запасной продукт семян большинства растений. Масличные растения могут накапливать в семенах большое количество жиров. Так, например, содержание жира в семенах подсолнечника составляет 30-40% от их массы и 50-60% – от массы ядра, в сое – 20-22%, в травах – 0,01-3,9%. Жиры, находясь как в семенах, так и в мякоти плодов, в зерне злаков, в листьях и других органах, являются показателем качества сельскохозяйственных продуктов. Образование и накопление масла в растениях связано с их питанием. Особенно большое значение имеет обеспеченность растений фосфором. Жиры, в состав которых входят насыщенные кислоты, – миристиновая, стеариновая, пальмитиновая, имеют высокую пищевую ценность. Жиры, в которых содержатся ненасыщенные кислоты, – олеиновая, линолевая, леноленовая, на воздухе быстро высыхают и поэтому широко применяются в лакокрасочной промышленности.

Из методов определения жира наиболее распространен метод обезжиренного остатка.

Принцип метода основан на извлечении жира органическими растворителями (эфир, бензин, хлороформ) в аппарате Сокслета и определении веса сухого остатка. Эфир растворяет не только жиры, но и сопутствующие им вещества: жирные кислоты, стеарин, воск. Поэтому жир, экстрагированный эфиром, называется сырым.

Ход анализа. Крупные семена (подсолнечник, клещевина и др.) очищают от оболочки и анализируют только ядра. Если семян достаточно, то после просушивания их можно пропустить через дисковую мельницу, отрегулированную так, чтобы оболочка обдиралась, а ядро оставалось целым. Лузгу выбирают вручную. При малом количестве семян оболочку снимают вручную: сначала ее раздавливают, а затем извлекают неповрежденное ядро. При измель-

чении семян и ядер масличных культур следует избегать выжимания из них масла. В мельнице ядра можно измельчать только до крупного помола. Лучше пользоваться для этого фарфоровой ступкой, разбивая ядра короткими ударами пестика.

Исследуемый материал подсушивают в сушильном шкафу, затем измельчают в фарфоровой ступке. Ступка и пестик могут впитывать значительное количество масла, что приведет к занижению результата. Чтобы избежать этого, сначала измельчают небольшую порцию материала, которую отбрасывают, и только затем измельчают весь материал.

Навеску, величина которой зависит от содержания масла в материале (ориентировочно 1-2 г), помещают в бумажный пакет, подобный аптечным пакетикам для порошков. Делается он из плотной фильтровальной обезжиренной бумаги размером 35×7 см. Предварительно пакетики высушивают в сушильном шкафу при температуре 100-105 °С и взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,001 г в закрытых стеклянных бюксах с точно известной массой.

В тарированные (взвешенные) стеклянные бюксы кладут по одному занумерованному простым карандашом пакетик с навеской и высушивают в сушильном шкафу при 100-105 °С в течение 3 часов. Охлаждают в эксикаторе, закрывают бюксы крышкой и взвешивают на аналитических весах.

Затем проводят экстрагирование жира в аппарате Сокслета, который в собранном виде состоит из трех частей: колбы для растворителя, экстрактора и холодильника. Для экстрагирования жира наливают столько эфира, чтобы уровень его в экстракторе был немного выше верхнего изгиба сифона, при этом эфир переливается в колбу, она наполняется до половины емкости. Затем экстрактор соединяют с холодильником. Отгонную колбу нагревают на водяной бане с температурой воды 40-45 °С. При такой тем-

пературе эфир будет кипеть, но не бурно, и он будет успевать конденсироваться в холодильнике. Аппарат Сокслета должен стоять в вытяжном шкафу с хорошей тягой.

Пары эфира, испаряясь из колбы, через широкое отверстие поступают в экстрактор. Охлаждаясь в холодильнике, эфир по каплям поступает в экстрактор, смачивая пакетики с навеской до тех пор, пока уровень жидкости в экстракторе не достигнет перегиба сифона. Эфир вместе с извлеченным жиром сливается обратно в отгонную колбу, и процесс экстрагирования повторяется, Проводят 10-15 таких сливов. Экстракция длится от 4 до 24 часов.

После окончания экстракции пакетики вынимают, укладывают на часовые стекла и дают испариться эфиру. Затем их сушат при 100-105 °С до постоянного веса и взвешивают.

Расчет ведут по формуле:

$$\% \text{ жира} = (a - b) \times 100 / H,$$

где H – навеска взятая для анализа, г; a – масса пакетика с навеской до извлечения жира; b – масса пакетика с обезжиренным остатком; 100 – для пересчета в %.

Таблица 25 – Содержание жира в семенах некоторых культур

Культура	% жира	Культура	% жира
Пшеница	1,4-3,2	Соя	16-20
Ячмень	1,9-4,0	Подсолнечник	40-60
Овес	4,5-6,0	Лен	35-40
Просо	3,1-3,9	Хлопчатник	17-47
Горох	3,7-3,0	Конопля	30-35
Кукуруза	3,7-4,5	Клещевина	40-55
Сорго	3,2-4,0		

Реактивы и оборудование: безводный серный эфир, 300 мл; бумажные пакетики; аппарат Сокслета; эксикатор; стеклянные бюксы; сушильный шкаф; семена масличных культур; аналитические весы.

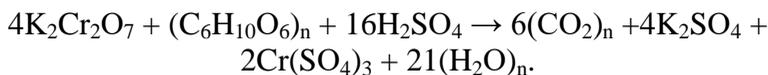
Определение крахмала в растениях объемным методом

Значение анализа. Крахмал – основной запасной полисахарид большинства растений. Он всегда содержится в зеленых листьях, где образуется в процессе фотосинтеза, но основными органами, в которых обычно накапливается наибольшее количество крахмала, являются семена и клубни некоторых растений. Особенно много его в семенах риса (70-60%), кукурузы (65-75%), пшеницы (60-70%) и клубнях картофеля (12-30%).

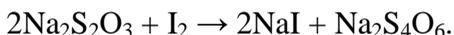
Содержание в растениях крахмала довольно значительно возрастает под влиянием фосфорных и калийных удобрений, причем на картофель лучше действуют сульфаты, хлориды могут влиять отрицательно. Умеренные дозы азотных удобрений повышают содержание крахмала в клубнях картофеля.

Объемный метод – один из наиболее быстрых и достаточно точных способов определения крахмала предложен Х. Починком. Метод пригоден для анализа всех растительных объектов.

Принцип метода. Крахмал переводят в раствор и осаждают в виде, комплексного соединения крахмала с йодом. Затем окисляют крахмал в кислой среде бихроматом калия до углекислого газа и воды по следующей схеме:



Избыток бихромата калия разрушают йодистым калием, в результате чего выделяется йод, который затем оттитровывают гипосульфитом:



По количеству гипосульфита вычисляют содержание крахмала.

Ход анализа. Навеску свежего растительного мате-

риала, содержащего 20-200 мг крахмала, переносят в фарфоровую ступку (зерна 200-300 мг, клубней картофеля – около 1 г, свежих листьев растений – 3 г). В ступку добавляют 5 мл 80% раствора азотнокислого кальция и тщательно растирают навеску. После этого содержимое переносят в коническую колбу емкостью 150-200 мл, ступку несколько раз ополаскивают небольшими порциями 80% раствора азотнокислого кальция. Общий объем раствора в колбе не должен превышать 30 мл. Колбу накрывают воронкой, ставят на газовую горелку или плитку и слабо кипятят в течение 3 минут. При этом крахмал переходит в раствор. После охлаждения содержимое колбы переносят в мерную колбу емкостью 100 мл, коническую колбу несколько раз ополаскивают и доводят раствор в мерной колбе до метки. Содержимое колбы тщательно перемешивают и фильтруют через складчатый фильтр в сухой стакан или колбу.

Берут пипеткой 5 мл фильтрата (при анализе листьев с низким содержанием крахмала – 10 мл) и переносят в небольшую центрифужную пробирку. В эту же пробирку прибавляют 2 мл раствора йода (в йодистом калии), перемешивают стеклянной палочкой, которую ополаскивают небольшой порцией воды, и пробирку оставляют на 30 минут. В результате реакции образуется нерастворимое соединение крахмала с йодом, которое выпадает в осадок.

Содержание йода в этом комплексе составляет около 15%.

Через 30 минут проводят центрифугирование в течение 5 минут при 4-5 тыс. об/мин. Прозрачный раствор из центрифужной пробирки сливают, а осадок йодкрахмального комплекса несколько раз промывают 5% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Каждый раз в пробирку добавляют по 5 мл этого раствора и содержимое пробирки тщательно перемешивают стеклянной палочкой. После каждого промывания центрифугируют непродолжительное время для осаждения комплекса крахмала с йодом, а прозрачный раствор сливают.

Такое промывание и центрифугирование повторяют 3-6 раз.

Промытый осадок комплекса крахмала с йодом переносят в коническую колбу емкостью 200 мл, центрифужную пробирку тщательно (несколько раз) промывают небольшими порциями воды (общий объем воды не должен превышать 3 мл). В колбу приливают 10 мл 0,25 Н раствора $K_2Cr_2O_7$ в 85% серной кислоте, содержимое колбы перемешивают и сразу же помещают на 15 минут на кипящую водяную баню. При этом крахмал окисляется бихроматом калия по уравнению, которое указано при изложении принципа метода.

После этого разрушают избыток бихромата. Колбу охлаждают и прибавляют в нее 5 мл 20% раствора йодистого калия, который, реагируя с бихроматом, выделяет йод и 120 мл воды. Выделившийся йод отфильтровывают 0,1 Н раствором гипосульфита. Титрование ведут до появления желтой окраски, затем в колбу прибавляют 1 мл 0,5% раствора крахмала и титруют до перехода синеголубой окраски в очень слабо-голубую. При титровании раствор необходимо энергично взбалтывать. Расчеты показывают, что 1 мл точно 0,1 Н раствора гипосульфита соответствует 0,675 мг крахмала.

Вычисление результатов. При расчете необходимо знать, какое количество гипосульфита затрачивается на контрольное титрование для разрушения йода, выделившегося в результате реакции $K_2Cr_2O_7$ и KI. Для этого в коническую колбу емкостью 200 мл прибавляют 120 мл воды, точно 10 мл 0,25 Н раствора $K_2Cr_2O_7$ и 5 мл 20% раствора йодистого калия. Содержимое колбы тщательно перемешивают и титруют 0,1 Н раствором гипосульфита, как указано выше.

Содержание крахмала рассчитывают по следующей формуле:

$$X = 0,675 \times v \times T \times (a - a_1) / v_1 \times H,$$

где X – содержание крахмала, %; a – количество 0,1 Н раствора гипосульфита, затраченного при контрольном титровании, мл; a_1 – количество 0,1 Н раствора гипосульфита, затраченного при определении крахмала, мл; v – объем, в котором растворена навеска исследуемого вещества (обычно 100 мл); v_1 – объем раствора, взятого для осаждения крахмала (5 или 10 мл); T – поправка к титру 0,1 Н гипосульфита; K – навеска растительного материала, г.

Оборудование и реактивы: центрифуга; водяная баня; ступки фарфоровые; колбы конические емкостью 100 и 200 мл; мерные колбы емкостью 100 мл; воронки; стаканы; пипетки; фильтры; 80%, 20%, 5% растворы $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; 0,5% раствор йода в йодистом калии (10 г KI и 5 г I_2 растирают в ступке вначале без воды, а затем с 10 мл воды, переносят в мерную колбу емкостью 1 л и доводят водой до метки); 20% раствор йодистого калия; 0,25 Н раствор $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в H_2SO_4 (12,5 г $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ растворяют в 250 мл воды в двухлитровой колбе и постепенно при охлаждении и помешивании прибавляют в колбу 800 мл концентрированной H_2SO_4 с плотностью 1,84. после охлаждения переносят в темную склянку с притертой пробкой); 0,1 Н раствор гипосульфита; 0,5% раствор крахмала; 80% раствор $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – 200 г $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ растворяют в воде и доводят до 250 мл.

Определение крахмала в клубнях картофеля

В практике существует ряд быстрых и довольно простых методов определения крахмала в клубнях картофеля, которые основаны на учете плотности клубней. Между плотностью клубней и содержанием в них сухих веществ, существует прямая зависимость; чем больше в них сухих веществ, а следовательно крахмала, и меньше воды (табл. 2б), тем больше плотность.

Ход анализа. В стеклянный сосуд емкостью 4-5 л наливают чистую воду (температура воды 17,5 °С) до отмеченного на сосуде уровня. Из сосуда отливают в мерный цилиндр или в предварительно взвешенную стеклянную

колбу несколько больше, чем масса приготовленных для анализа клубней.

Таблица 26 – Содержание сухого вещества и крахмала в клубнях картофеля в зависимости от плотности

Плотность	Содержание сухого вещества, %	Крахмальное число	Плотность	Содержание сухого вещества, %	Крахмальное число
1,065	16,48	10,72	1,095	22,96	17,20
1,070	17,44	11,69	1,100	23,98	18,23
1,075	18,68	12,93	1,105	25,03	19,28
1,080	19,66	13,91	1,110	26,09	20,33
1,085	20,67	14,92	1,115	27,13	21,38
1,090	21,93	16,18	1,120	28,20	22,45

В сосуд погружают 1 кг вымытых и просушенных клубней, доливают воду до отмеченного уровня, приливая ее из мерного цилиндра или стеклянной колбы. Объем воды, оставшейся в цилиндре или колбе, равен объему 1 кг клубней. Определив взвешиванием или измерением массу оставшейся воды, определяют плотность клубней картофеля по формуле:

$$Y = A / H,$$

где Y – плотность клубней картофеля; A – масса клубней, взятых для анализа, г; H – масса оставшейся воды, г.

По таблице 26 и результатам определения плотности клубней картофеля устанавливают процент сухого вещества и крахмальное число.

Результаты работы записывают по следующей форме:

Исследуемый материал	Масса клубней, взятых для анализа	Масса вытесненной воды, г	Плотность клубней	Содержание сухого вещества, %	Крахмальное число

Материалы и оборудование: клубни картофеля; стеклянные сосуды; мерные цилиндры; термометры.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Каково содержание общего и белкового азота в семенах злаков? В каких частях растения содержится больше азота?
2. Какова разница между общим и белковым азотом?
3. Что такое сырой протеин? Назовите классификацию белков. Какая взаимосвязь между урожайностью и белковостью зерна? Назовите пути повышения белковости зерна.
4. Почему начальной формой азота, из которой могут синтезироваться аминокислоты, является восстановленная (аммиачная) форма, почему в случае нитратного питания растений поступившие в растения нитраты предварительно должны быть восстановлены до аммиака?
5. Какова физиологическая роль азота в жизни растений? Назовите важнейшие соединения, в состав которых входит азот.
6. Какова взаимосвязь между содержанием в растениях белка и протеина.
7. Каково значение крахмала, взаимосвязь крахмала и белка? В семенах и плодах каких растений накапливается более всего крахмала?
8. Пути изменения содержания крахмала и семенах и плодах растений?
9. Как изменяется содержание крахмала и зависимости от климатических условий?

Использованная литература

1. Агрономическая химия: учебное пособие / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, О.В. Мельникова, Г.П. Малявко, Д.Г. Кротов. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2015. 139 с.
2. Бабкин В.В. Агрехимический бизнес России: справ. пособие. М., 2003. 444 с.
3. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрехимия: учеб. для вузов. М.: Мир, 2003. 584 с.
4. Духанин Ю.А. Агрехимия, биология и экология песчаных и супесчаных дерново-подзолистых почв / под ред. В.Г. Минеева. М.: Росинформагротех, 2003. 240 с.
5. Агрехимия: классический университетский учебник для стран СНГ / В.Г. Минеев, В.Г. Сычѳв, Г.П. Гамзиков, А.Х. Шеуджен, Е.В. Агафонов, Н.М. Белоус и др.; под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. 854 с.
6. Воропаев В.Н. Агрехологическое обоснование применения удобрений в земледелии. М.: ЦИНАО, 2003. 232 с.
7. Белоус Н.М., Воробьева Л.А., Белоус И.Н. Оптимальные параметры плодородия почвы для производства нормативно чистой сельскохозяйственной продукции на территориях загрязненных радионуклидами: монография. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2012. 92 с.
8. Белоус Н.М., Драганская М.Г., Бельченко С.А. Системы удобрений и реабилитация песчаных почв: монография. Брянск, 2010. 224 с.
9. Белоус Н.М., Малявко Г.П., Шаповалов В.Ф. Справочник агрехимика. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2012. 50 с.
10. Зернобобовые культуры и однолетние бобовые травы: биология и технология возделывания: монография / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, И.Я. Моисеенко, О.В. Мельникова. Брянск, 2010. 151 с.

11. Минеев В.Г., Лебедева Л.А. История агрохимии и методологии агрохимических исследований: учеб. пособие для вузов. М.: МГУ, 2003. 328 с.

12. История развития агрохимических исследований в ВИУА. К 70-летию Всероссийского научно-исследовательского института удобрений и агропочвоведения им. Д.Н. Прянишникова. М.: Агроконсалт, 2001. 400 с.

13. Картофель: биология и технологии возделывания: монография / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, М.В. Котиков, А.В. Богомаз, О.А. Богомаз. Брянск, 2010. 111 с.

14. Крупьяные культуры: биология и технологии возделывания: монография / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, О.В. Мельникова, М.И. Никифоров, А.С. Юдин. Брянск, 2010. 73 с.

15. Кукуруза и сорго: биология и технологии возделывания: монография / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, А.В. Дронов, В.В. Дьяченко. Брянск, 2010. 28 с.

16. Малявко Г.П., Белоус Н.М., Шаповалов В.Ф. Агрохимическое обоснование технологий возделывания озимой ржи на юго-западе России: монография. Брянск, 2010. 247 с.

17. Методические рекомендации по производству биологически безопасной продукции овощеводства и цветочной продукции в условиях защищенного грунта / В.Е. Ториков, Н.М. Белоус, С.М. Сычев, И.В. Сычева, О.В. Мельникова, В.М. Рыченкова, А.А. Осипов. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. 118 с.

18. Эффективность отдельных видов минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры для почв РФ: нормативы. М.: Росинформагротех, 2003. 388 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Раздел 1. Правила техники безопасности при работе в агрохимической лаборатории	4
<i>Меры первой помощи при ожогах и ранениях</i>	6
<i>Порядок работы в лаборатории</i>	7
<i>Лабораторный журнал студента</i>	8
Раздел 2. Анализ почвы	9
<i>Взятие почвенных образцов в поле. Способы отбора смешанных образцов</i>	9
2.1. Определение потребности почвы в известковании, установление и расчет доз извести	16
<i>Определение актуальной и обменной кислотности электрометрическим методом</i>	19
<i>Определение гидролитической кислотности по Каппену</i>	22
<i>Определение гидролитической кислотности почвы рН-метрическим методом</i>	24
<i>Определение обменной кислотности и подвижного алюминия в почве по методу А. В. Соколова</i>	27
<i>Определение суммы поглощенных (обменных) оснований по Каппену-Гильковицу</i>	30
<i>Вычисление степени насыщенности почв основаниями</i>	32
<i>Определение возможности использования фосфоритной муки в чистом виде по методу Б.А. Голубева (фосфоритование почв)</i>	34
<i>Контрольные вопросы и упражнения для самопроверки</i>	35
2.2. Определение потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях по содержанию в почве усвояемых питательных веществ	37
<i>Определение подвижного азота в почве по методу И.В. Тюрина и М.М. Кононовой</i>	39
<i>Определение аммиачного азота реактивом Несслера</i>	43
<i>Колориметрическое определение нитратного азота дисульфифеноловым методом Грандвалля-Ляжсу</i>	45
<i>Ионометрический экспресс-метод определения нитратного азота в почвах</i>	50
<i>Определение подвижных форм фосфора и калия в почвах по методу Кирсанова</i>	52
<i>Контрольные вопросы для самопроверки</i>	59

Раздел 3. Анализ удобрения	61
3.1. Распознавание удобрений по качественным реакциям. количественный анализ минеральных туков	61
<i>Отбор и подготовка проб удобрений к анализу</i>	61
<i>Основные качественные реакции при установлении свойств удобрений и техника их выполнения</i>	64
<i>Определение минеральных удобрений по А.В. Петербургскому</i>	70
<i>Определение влажности удобрений</i>	74
<i>Формальдегидный метод определения аммиачного азота</i>	75
Контрольные вопросы для самопроверки	77
<i>Определение водорастворимого фосфора в суперфосфате</i>	79
Контрольные вопросы для самопроверки	81
<i>Определение калия в калийных удобрениях битарtratным методом</i>	82
<i>Пламенно-фотометрический метод определения калия в калийных удобрениях</i>	83
Контрольные вопросы для самопроверки	87
<i>Определение общей нейтрализующей способности извести титрованием</i>	89
Контрольные вопросы для самопроверки	92
3.2. Анализ органических удобрений	93
<i>Определение аммиачного азота в навозе колориметрическим методом по И.Э. Ромашкевичу</i>	93
<i>Определение кислотности, зольности и влажности торфа</i>	95
Контрольные вопросы для самопроверки	97
Раздел 4. Анализ растений	100
4.1. Определение питательных веществ, потребляемых сельскохозяйственными культурами	100
<i>Отбор растительных образцов и подготовка их к анализу</i>	100
<i>Определение влаги и сухого вещества</i>	102
<i>Определение «сырой» золы</i>	104
<i>Определение общего содержания азота в растениях по Кьельдалю</i>	106
<i>Определение содержания азота, фосфора и калия в одной навеске</i>	109
<i>Определение нитратов ионоселективным электродом</i>	112
4.2. Некоторые методы определения качества урожая	116
<i>Определение общей кислотности плодов и овощей</i>	116
<i>Определение сырого жира в растениях</i>	119
<i>Определение крахмала в растениях объемным методом</i>	122
<i>Определение крахмала в клубнях картофеля</i>	125
Контрольные вопросы для самопроверки	127
Использованная литература	128

Учебное издание

ЧЕСАЛИН Сергей Федорович
МАМЕЕВ Василий Васильевич
СМОЛЬСКИЙ Евгений Владимирович

АГРОХИМИЯ

лабораторный практикум для студентов
обучающихся по направлению подготовки
35.03.04 Агрономия

Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 20.02.2020 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 7,67. Тираж 50 экз. Изд. № 6634.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ