

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

**ЭЛЕМЕНТЫ МИНЕРАЛЬНОГО
ПИТАНИЯ В ПОЧВАХ**

Учебно-методическое пособие для вузов

Составитель А.Б. Беляев

Издательско-полиграфический центр
Воронежского государственного университета
2012

Утверждено научно-методическим советом биолого-почвенного факультета
10 февраля 2012 г., протокол № 5

Рецензент доктор биологических наук, профессор Л.А. Яблонских

Учебно-методическое пособие подготовлено на кафедре почвоведения и
управления земельными ресурсами биолого-почвенного факультета Воро-
нежского государственного университета.

Рекомендуется для студентов 3-го курса почвенного отделения биолого-
почвенного факультета.

Для специальности 020701 – Почвоведение

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОРМ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА, ДОСТУПНЫХ ДЛЯ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ..... | 4 |
| Работа № 1. Определение аммония колориметрическим методом с реактивом Несслера..... | 5 |
| Работа № 2. Определение нитратов колориметрическим методом с дисульфифеноловой кислотой | 9 |
| Работа № 3. Определение азота легкогидролизуемых соединений в щелочной вытяжке по методу Корнфилда | 13 |
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА | 16 |
| Работа № 4. Определение легкорастворимых фосфатов по методу Чирикова | 17 |
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБМЕННОГО КАЛИЯ..... | 21 |
| Работа № 5. Определение обменного калия по методу Чирикова (методу Масловой) с пламеннофотометрическим окончанием | 22 |
| ЛИТЕРАТУРА..... | 27 |

ВВЕДЕНИЕ

Продуктивность растений определяется соответствием факторов внешней среды их биологическим особенностям. Среди факторов жизни важнейшая роль принадлежит питательным веществам. Азот, фосфор и калий традиционно считаются для растений одними из основных элементов питания, потребляемых в наибольших количествах. При этом их усвоение (так же как и других элементов питания) происходит лишь из доступных (усвояемых) форм, количество которых определяет эффективное плодородие почв. На основании данных по содержанию доступных форм питательных веществ разрабатываются мероприятия по регулированию питательного режима почв под различные сельскохозяйственные культуры.

В системе подготовки студентов почвенного отделения освоение методов определения основных питательных элементов является обязательным условием, способствующим правильному и углубленному пониманию теоретических положений по курсам «Почвоведение», «Химия почв», «Агрохимия» и разработке практических мероприятий в земледелии.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОРМ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА, ДОСТУПНЫХ ДЛЯ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

Азот является одним из важнейших элементов питания растений. Он входит в состав белков и нуклеиновых кислот – рибонуклеиновой (РНК) и дезоксирибонуклеиновой (ДНК) – главных веществ живых клеток. Содержится также в хлорофилле, фосфатидах, алкалоидах, ферментах и других органических веществах растительных клеток.

Преобладающая его часть (93–99 %) в почве представлена органическими соединениями неспецифической и специфической природы, которые составляют резерв азота для питания растений. При этом в состав гумуса входит 93–97 % от общего содержания азота в почве. Содержание азота в гумусе составляет для всех почв (кроме каштановых, сероземов и красноземов) около 5 % (1 / 20 часть).

В верхних гумусовых горизонтах почв общее содержание азота может колебаться от 0.03 % в бедных песчаных почвах до 2.5–3.0 % в торфе, в богатых гумусом черноземах величины общего азота составляют 0.4–0.6 %.

Минеральные соединения азота, за счет которых происходит питание растений, составляют небольшую часть общего азота почв (1–7 %). Они в основном представлены нитратами и соединениями аммония.

Аммоний присутствует в почвах в форме водорастворимых солей, обменного аммония и необменного (фиксированного) аммония.

Нитраты находятся в почвах в виде водорастворимых солей. Определенную роль в азотном режиме играет и биологический азот, поступающий

в почву за счет уникальной способности бобовых растений и микроорганизмов фиксировать молекулярный азот атмосферы.

Содержание аммонийного и нитратного азота в почве очень динамично и во многом зависит от микробиологической деятельности. Лишь многократное определение этих форм в течение вегетационного периода дает представление об азотном режиме почв. Высокий динамизм этих форм азота не позволяет разработать группировку почв по степени их обеспеченности данными формами. Показателями обеспеченности почв азотом служат данные, получаемые при определении азота легкогидролизуемых органических соединений почвы.

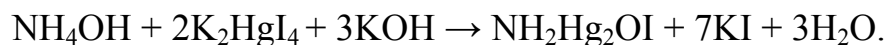
Ниже рассмотрим существующие методы определения аммиачного (аммонийного), нитратного и легкогидролизуемого азота почв.

Работа № 1. Определение аммония колориметрическим методом с реактивом Несслера

Ион аммония ($N-NH_4$) образуется в результате процесса аммонификации или поступает в почву с удобрениями. Определенная его часть фиксируется вторичными минералами, т.е. закрепляется в почвенном поглощающем комплексе (ППК). Реакция NH_4^+ с ППК происходит по типу либо обменного, либо необменного поглощения.

Доступным для растений является обменный аммоний, а также аммоний водорастворимых солей, содержащихся в небольших количествах. Эти две формы извлекают из почвы 2%-м раствором KCl . Поскольку аммоний водорастворимых солей составляет лишь небольшую часть азота, этот метод считают методом определения обменного аммония.

В полученной вытяжке определение аммония проводят по методу Несслера. В основу этого метода положено взаимодействие иона аммония с щелочным раствором ртутнойодистого калия $K_2[HgI_4] + KOH$ с образованием нерастворимого йодистого меркураммония, окрашенного при небольших количествах NH_4 , не превышающих 0.15 мг в 100 мл, в желтый цвет. При большей концентрации раствор приобретает красноватый цвет, поэтому для определения следует брать меньший объем вытяжки.



Определению мешают присутствующие в почвенных вытяжках Ca^{2+} и Mg^{2+} . Они осаждаются реактивом Несслера и вызывают опалесценцию растворов. Для устранения этого в вытяжку перед добавлением реактива Несслера вносят сегнетовую соль $KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$ (калий-натрий виннокислый), образующую с кальцием и магнием растворимые комплексные соединения.

Примечание:

1. Определение $N-NH_4$ проводят в свежееотобранных образцах почвы с естественной влажностью.
2. Для отработки методики определения аммония (как и нитратного азота) возможно использование воздушно-сухих образцов почвы.

Ход определения

1. 10 г почвы помещают в колбу на 250 мл и заливают ее 100 мл 2%-го раствора KCl. Колбы встряхивают в течение 1 часа. Одновременно берется навеска для определения гигроскопической влажности и пересчета данных на сухую почву.

2. Содержимое колбы фильтруют через воронку с вложенным в нее складчатым фильтром ($d = 14$ см). Одновременно фильтруют контрольную пробу на чистоту реактивов и фильтров. Для этого пропускают через контрольный фильтр 100 мл 2%-го раствора KCl. В дальнейшем с этим фильтратом поступают так же, как и с вытяжками из почв.

3. В зависимости от содержания $N-NH_4$ берут от 5 до 40 мл (~ 10–20 мл) вытяжки и помещают в мерную колбу на 50 мл, разбавляют дистиллированной водой примерно до 40 мл. После этого прибавляют 2 мл сегнетовой соли и хорошо перемешивают.

4. За 15–20 мин до просмотра включают в сеть концентрационный фотоэлектроколориметр КФК-2МП и оставляют стоять прибор это время с закрытыми шторками (рис. 1).

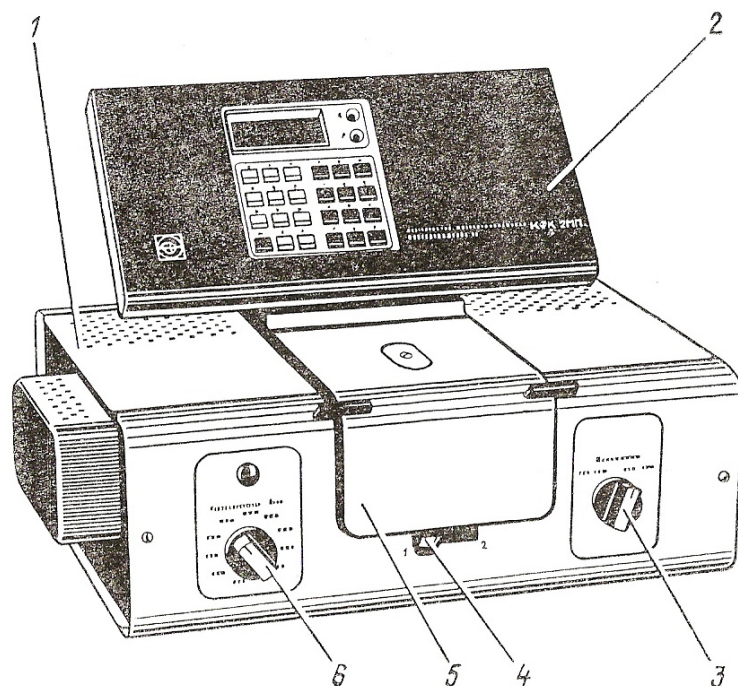
Примечание:

1. При измерении со светофильтрами 315, 340, 400, 490, 540 нм ручку «Фотоприемник» установить в положение «315–540». При измерении со светофильтрами 590, 670, 750, 870, 980 нм ручку «Фотоприемник» установить в положение «590–980».

2. При работе нажимают на кнопку «Пуск» → K1 → r2 (вода), передвигают рычаг влево → D5 → отсчет.

5. Перед прибавлением реактива Несслера таким же способом готовят образцовые растворы. Для этого в мерные колбы на 50 мл приливают из бюретки 1, 2, 5, 10, 15 и 20 мл рабочего эталонного раствора, разбавляют дистиллированной водой до 40 мл, прибавляют 2 мл сегнетовой соли и хорошо перемешивают.

6. Во все колбы (и эталонные, и испытуемые) прибавляют по 2 мл реактива Несслера (из бюретки), доводят содержимое колб водой до метки и снова тщательно перемешивают. В растворе сразу же начинает развиваться окраска, которая должна быть чисто желтой и светлого оттенка. Если раствор приобретает оранжевый или красноватый цвет, анализ повторяют, беря меньший объем вытяжки. Через 2–3 мин раствор (последовательно) колориметрируют на фотоколориметре с синим светофильтром (область длин волн 400–425 нм). Шкала сохраняет свою окраску не более 1 часа.



*Рис. 1. Общий вид концентрационного фотоколориметра КФК – 2МП:
 1 – колориметрический блок; 2 – вычислительный блок; 3 – ручка переключения фото-
 приемников; 4 – ручка ввода кювет в световой пучок; 5 – крышка кюветного отделения;
 6 – ручка переключения светофильтров*

7. Содержание в растворе $N-NH_4$ устанавливают по калибровочной кривой образцовых растворов (рис. 2).

Допт. плот.

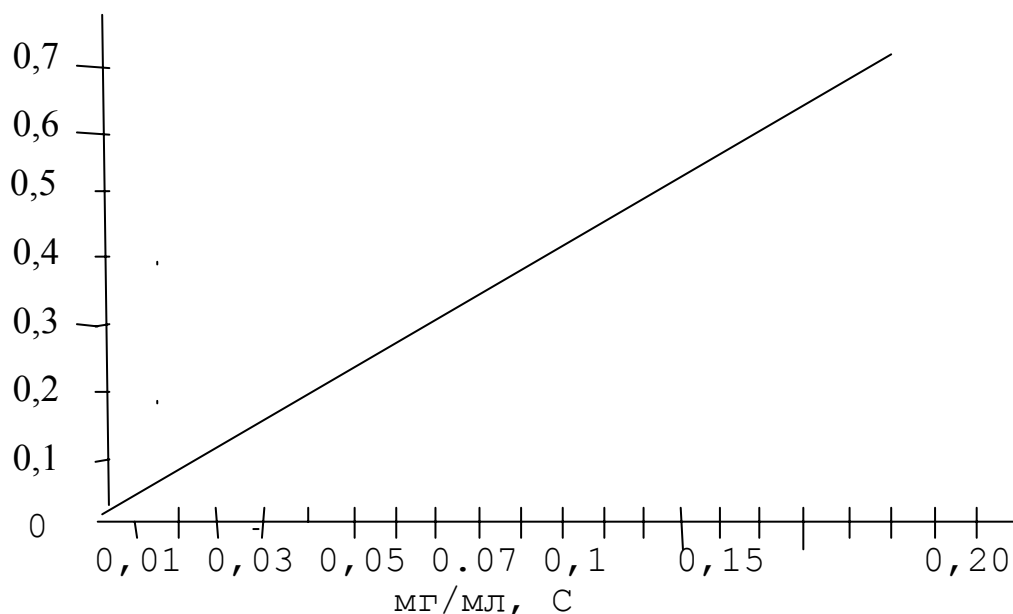


Рис. 2. Калибровочный график фотоэлектроколориметрического определения $N-NH_4$ ($N-NO_3$)

Найденные величины NH_4 по графику (в мг/мл) для пересчета в мг на 100 г почвы подставляют в формулу

$$\text{N-NH}_4 = \frac{a \cdot V \cdot 100 \cdot k}{v_1 \cdot \Gamma},$$

где a – количество NH_4 , найденное по градуировочной шкале, мг/мл; V – общий объем вытяжки, мл; 100 – коэффициент для пересчета на 100 г почвы; v_1 – объем вытяжки, взятой для определения; Γ – навеска почвы; k – коэффициент гигроскопичности.

8. Концентрацию испытуемого раствора (C исп.) можно вычислить расчетным методом по величине оптической плотности эталонного раствора, близкого с ним по окраске, поскольку оптическая плотность растворов, измеренная в одинаковых кюветах, прямо пропорциональна их концентрации. Расчет ведут по формуле:

$$\text{N-NH}_4 = \frac{D \text{ исп.} \cdot C \text{ эт.} \cdot V \cdot 100 \cdot k}{D \text{ эт.} \cdot v_1 \cdot \Gamma},$$

где D исп. – оптическая плотность испытуемого раствора; D эт. – оптическая плотность эталонного раствора, близкого по окраске к испытуемому раствору; C эт. – концентрация этого эталонного раствора; V – общий объем вытяжки, мл; v_1 – объем вытяжки, взятый для определения, мл; 100 – коэффициент для пересчета на 100 г почвы; k – коэффициент гигроскопичности; Γ – навеска почвы.

Этот метод более точный, чем метод графический, но уступает ему по скорости получения результатов, и им пользуются лишь в некоторых случаях, когда требуется какая-либо проверка.

9. Результаты записывают в сводную таблицу:

| Почва, глубина, см | Навеска, г | Общий объем вытяжки, V , мл | Аликвота для определения, V_1 , мл | Показатели эталонного раствора | | Показатели испытуемого раствора | | N-NH ₄ мг/100 г почвы |
|--------------------|------------|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|---------|---------------------------------|----------|----------------------------------|
| | | | | C эт. | D эт. | C исп. | D исп. | |
| | | | | | | | | |

Оборудование и реактивы

Оборудование:

- 1) фотоэлектроколориметр;
- 2) аналитические весы и ВЛТК-500;
- 3) ротатор;
- 4) сушильный шкаф;
- 5) мерные колбы на 50 мл и 1 л;
- 6) колбы на 250 мл;
- 7) воронки $d = 12-14$ см;
- 8) фильтры $d = 12$ см.

Реактивы:

1) 2%-й раствор KCl: 2 г соли довести до 100 мл безаммиачной водой. Готовят, исходя из количества определяемых образцов;

2) сегнетова соль ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – калий-натрий виннокислый): 50 г соли растворяют в 100 мл дистиллированной воды (при нагревании);

3) реактив Несслера (готовый препарат);

4) запасной эталонный раствор: 0.3820 г х.ч. NH_4Cl взвешивают на аналитических весах, помещают в мерную колбу на 1 л, растворяют и доводят до метки дистиллированной водой. Это запасной образцовый раствор, в 1 мл которого содержится 0.1 мг N– NH_4 ;

5) рабочий эталонный раствор: получают разбавлением запасного раствора в 10 раз. Такой раствор содержит 0.01 мг N– NH_4 в 1 мл. Его используют для приготовления шкалы эталонных растворов;

б) шкала эталонных растворов:

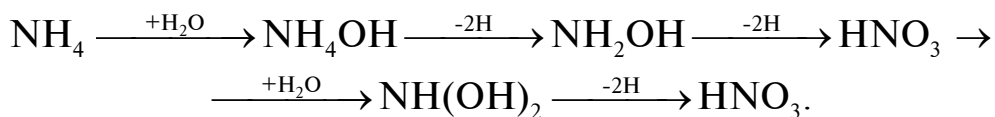
| № колб | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | ... |
|---|------|------|------|------|------|------|-----|
| Рабочий эталонный раствор, мл | 1 | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | |
| Концентрация эталонного раствора С эт. N– NH_4 в 50 мл | 0.01 | 0.02 | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | |
| Оптическая плотность D эт | | | | | | | |

Вопросы для подготовки

1. В форме каких соединений находится азот в почве?
2. Какова доля минерального азота в почве?
3. Назовите формы минерального азота в почве.
4. Что такое аммонификация?
5. Объясните метод определения обменного аммония.
6. Расскажите ход выполнения работы.
7. Объясните принцип построения калибровочной кривой и определение по ней обменного аммония.
8. Каким образом можно определить концентрацию испытуемого раствора расчетным методом?
9. Объясните принцип работы на фотоколориметре.

Работа № 2. Определение нитратов колориметрическим методом с дисульфифеноловой кислотой

Содержание нитратов (N–NO_3) характеризует обеспеченность почв минеральным азотом, а также степень выраженности процесса нитрификации, т.е. биологического окисления аммиака азотсодержащих органических соединений по схеме:



Азот нитратов легко доступен растениям, которые могут поглощать большое количество нитратов. Это не сказывается отрицательно на их росте и развитии, но нитраты весьма токсичны для организма животных и человека. Особенно вредны нитриты, токсичность которых в 10 раз выше нитратов [6]. Это объясняется тем, что образующиеся вследствие восстановления нитратов нитриты переводят двухвалентное железо гемоглобина в трехвалентное – получающийся при этом метгемоглобин красных кровяных телец не способен быть переносчиком кислорода. Также нитриты могут вступать в необратимую реакцию с гемоглобином, образуя при этом нитрогемоглобин, который тоже не может быть переносчиком кислорода, в результате чего наблюдается удушье всех тканей живого организма [6].

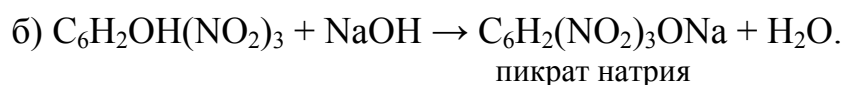
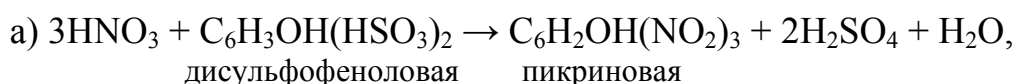
По данным ФАО рекомендуемая дневная доза потребления N–NO₃ человеком не должна превышать 500 мг/кг, а в диетических продуктах – 300 мг/кг. В разных странах эти величины значительно колеблются. Поэтому необходимо знать предельно допустимое содержание нитратов в продуктах питания и кормах и устанавливать строгий контроль за этими величинами. Во всех странах для нитратов в продуктах питания человека устанавливают свои ПДК. В нашей стране для некоторых продуктов установлены следующие ПДК по NO₃, мг/кг: томаты – 60; картофель – 80; морковь – 300; свекла столовая – 1400; лук (перо) – 400; огурцы (тепличные) – 150; капуста белокочанная – 300; арбузы – 45; дыни – 45.

Нитраты имеют высокую подвижность и легко мигрируют в почве под влиянием осадков. Это обусловлено тем, что они не образуют каких-либо малорастворимых солей и не поглощаются отрицательно заряженными почвенными коллоидами, находясь в ряду поглощаемых анионов на последнем месте (OH⁻ > PO₄³⁻ > SiO₃²⁻ > SO₄²⁻ > Cl⁻ > NO₃⁻).

Вследствие хорошей растворимости нитраты могут извлекаться из почвы водой или слабым солевым раствором, например 0.05%-м K₂SO₄ – в этом случае фильтрование вытяжки идет быстрее и фильтрат получается прозрачным, что особенно важно, когда почвы сильно диспергируются.

Извлечение нитратов проводят при соотношении почвы к раствору 1 : 5 и 3-минутном взбалтывании.

Определение нитратов проводят дисульфифеноловым методом, в основе которого лежит реакция:



Соль пикриновой кислоты (пикрат натрия) окрашивает раствор в желтый цвет. Оптическую плотность полученного раствора определяют, используя синий светофильтр (400–450 нм) фотоколориметра.

Ход анализа

1. Навеску 20 г воздушно-сухой почвы помещают в колбу на 250 мл и заливают ее 100 мл 0.05%-го раствора K_2SO_4 . Содержимое взбалтывают 3 мин и сразу же фильтруют через складчатый фильтр. Для получения прозрачной вытяжки надо как можно полнее перенести почву на фильтр. При определении нитратов в свежих образцах почвы навеску увеличивают с учетом ее влажности.

2. В зависимости от ожидаемого содержания нитратов 10–50 мл вытяжки помещают в фарфоровую чашку на 100 мл и выпаривают досуха на водяной бане. Одновременно в таких же фарфоровых чашках выпаривают 1, 2, 5, 10, 15 и 20 мл эталонного рабочего раствора, а также определенное (10–50 мл) количество 0.05%-го раствора K_2SO_4 для холостого опыта.

3. После выпаривания чашкам дают полностью охладиться. В каждую чашку приливают по 1 мл (пипеткой на 1 мл) дисульфософеноловой кислоты. Сухой остаток на дне и стенках чашки тщательно растирают с этой кислотой стеклянным пестиком.

4. Чашки оставляют в покое около 10 мин, а затем в них приливают 15 мл дистиллированной воды (для исключения разбрызгивания содержимого чашек при последующей нейтрализации кислоты щелочью). Смесь тщательно перемешивают стеклянной палочкой и доводят до щелочной реакции 20%-м раствором $NaOH$, прибавляя его пипеткой. Щелочь прекращают добавлять, когда раствор приобретет устойчивую желтую окраску (а лакмусовая бумажка в растворе посинеет). Небольшой избыток щелочи не вредит окраске.

5. Окрашенный раствор через воронку (со складчатым фильтром) переносят в мерную колбу на 50 мл. Чашку и стеклянный пестик несколько раз ополаскивают водой, также перенося ее в мерную колбу. Объем жидкости доводят дистиллированной водой до метки и хорошо перемешивают. Сравнение окрасок проводят сразу же, так как окрашенные почвенные вытяжки при стоянии меняют окраску.

6. Измерения проводят на фотоэлектроколориметре с синим светофильтром с областью светопропускания 400–450 нм. В качестве раствора сравнения используют дистиллированную воду, выпаренную и обработанную реактивами, как и при работе с вытяжками.

7. Содержание в растворе $N-NO_3$ в мг на 100 г почвы устанавливают так же, как и при определении аммонийного азота по калибровочной кривой (рис. 1), а также расчетным методом. Из этой же работы берется и форма записи.

Оборудование и реактивы

Оборудование:

- 1) аналитические и теххимические весы;
- 2) фотоэлектроколориметр и кюветы с расстояниями между рабочими гранями 1–3–5–10–20–30–50 мм;
- 3) водяная (электрическая) баня;
- 4) ротатор;
- 5) сушильный шкаф;
- 6) фарфоровые чашки на 100 мл;
- 7) колбы на 250 мл;
- 8) воронки $d = 9-11$ см;
- 9) мерные колбы на 50 мл и 1 л;
- 10) бюретки;
- 11) пипетки на 1–20 мл с резиновой грушей;
- 12) складчатые фильтры.

Реактивы: 1) 0.05%-й K_2SO_4 : 0.5 г на 1 л;

2) дисульфифеноловая кислота – $C_6H_3OH(HSO_3)_2$ – готовый препарат;

3) 20%-й NaOH (KOH): 20 г разводят водой до 100 мл;

4) запасной эталонный раствор на нитратный азот: 0.7216 г х.ч. KNO_3 помещают в мерную колбу на 1 л, растворяют в дистиллированной воде, доводят объем до метки и перемешивают. Полученный раствор содержит 0.1 мг N– NO_3 в 1 мл.

5) рабочий раствор готовят из запасного разбавлением в 10 раз. Полученный раствор содержит 0.01 мг N– NO_3 в 1 мл.

6) шкалу эталонных растворов готовят из рабочего эталонного раствора:

| № колб | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | ... |
|--|------|------|------|------|------|------|-----|
| Рабочий эталонный раствор, мл | 1 | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | |
| Концентрация эталонного раствора С эт. N– NO_3 в 50 мл | 0.01 | 0.02 | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | |
| Оптическая плотность D эт. | | | | | | | |
| Данные холостого опыта | | | | | | | |

Вопросы для подготовки

1. Пути образования нитратного азота в почве.
2. Объясните причины высокой подвижности нитратов в почве.
3. Объясните, в чем причина негативного влияния нитратов (и нитритов) на качество растениеводческой продукции.
4. Приведите ПДК (пределы допустимой концентрации) содержания нитратов в сельскохозяйственной продукции.
5. Что такое нитрификация и денитрификация?

6. Принцип метода определения нитратного азота.
7. Расскажите ход выполнения анализа.
8. Объясните принцип построения калибровочной кривой и определение по ней нитратного азота.
9. Приведите расчетный метод определения $N-NO_3$.

Работа № 3. Определение азота легкогидролизуемых соединений в щелочной вытяжке по методу Корнфилда

Азотный фонд почвы в основном представлен органическими соединениями, входящими в состав гумуса. Этот азот становится доступным растениям лишь после его мобилизации и перехода в минеральную форму. Степень мобилизации зависит от многих факторов: температуры, влажности почв, обработки, возделываемой культуры и т.д.

Методы диагностики азотного режима делятся на полевые и лабораторные. Полевой метод – самый надежный, но он длителен, трудоемок и дорог. Поэтому применяют главным образом лабораторные методы, которые являются, конечно, весьма условными. Из лабораторных методов наиболее широко распространены биохимические и химические, иммитирующие воздействие на почву корней и ризосферной микрофлоры растений. При биологических методах проводят компостирование почвы в условиях, способствующих микробиологической деятельности, с последующим химическим определением нитратов (определение нитрификационной способности почв) или минеральных соединений азота (азота нитратов и обменного аммония).

Из химических методов широкое распространение получили методы определения нитратов и обменного аммония, рассмотренные выше, а также методы определения легкогидролизуемого азота, которые включают определение азота минеральных и органических соединений, легко подвергающихся гидролизу при обработке почв слабыми растворами кислот (кислотный гидролиз), щелочей (щелочной гидролиз), окислителей (щелочной раствор марганцовокислого калия и др.) и растворами солей.

Последние методы основаны на допущении, что указанные растворители извлекают (минерализуют) из почвы азотсодержащие органические соединения, легко подвергающиеся минерализации в природных условиях и благодаря этому являющиеся ближайшими источниками пополнения минеральных соединений азота, используемых растениями. Из этих методов в нашей стране широко применяется метод кислотного гидролиза Тюрина и Кононовой, но, по данным Шконде [11], он плохо воспроизводится и не дает удовлетворительной корреляции с отзывчивостью растений.

Применяемый за рубежом, а также и у нас в стране метод щелочного гидролиза американского ученого Корнфилда дает более высокую корреляцию с урожаем растений. Этот метод также позволяет получать тесную

корреляцию между извлекаемым азотом и содержанием гумуса и общего азота в основных типах почв.

Принцип данного метода заключается в том, что навеску почвы подвергают гидролизу 1 н раствором NaOH в термостате при 28 °С в чашке Конвея с пластмассовой герметической крышкой. В результате этого азот обменного аммония, свободного и поглощенного аммиака, амидов, аминокислот, частично моноаминокислот, а также других соединений выделяется из навески почвы в виде NH₃, который диффундирует во внутреннее отделение чашки, где он поглощается раствором борной кислоты и затем количественно определяется титрованием 0.02 н раствором серной кислоты.

Ход определения

1. На технохимических весах взвешивают 2 г воздушно-сухой почвы и помещают в периферийную часть чашки Конвея (рис. 3).

2. В центральную часть ее наливают 2 мл 2%-го раствора борной кислоты и прибавляют 2 капли индикатора Гроака.

3. Во внешнюю часть чашки вносят 5 мл 1 н раствора NaOH, не допуская смачивания почвы до момента закрывания крышкой. Для этого чашку немного наклоняют в противоположную сторону (в сторону перегородки). Не изменяя положения, чашку накрывают крышкой, края которой для лучшего прилегания смазывают вазелином.

4. Круговым вращением чашки в течение минуты почву осторожно смешивают с раствором щелочи. Затем чашку ставят в термостат и выдерживают 48 часов при 28 °С.

Примечание: срок выдерживания в термостате можно сократить до 24 ч вместо 48 ч [11].

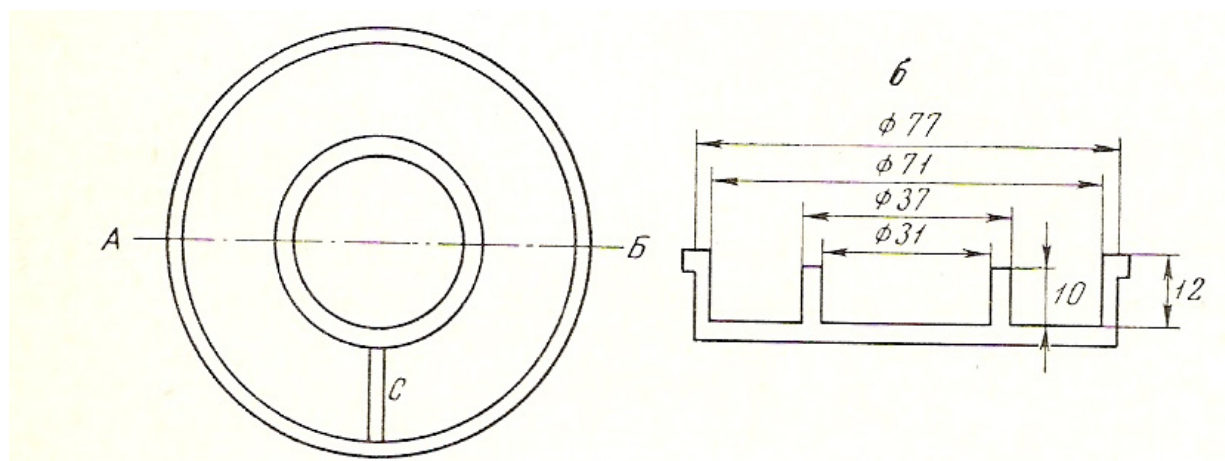


Рис. 3. Чашка Конвея:

а – вид сверху; б – разрез по линии АВ (размеры даны в мм)

5. По истечении указанного срока чашки вынимают из термостата, осторожно снимают крышки и определяют количество аммиака, связавшегося с борной кислотой, титрованием 0.02 н раствором серной кислоты, используя микробюретку. Конец титрования устанавливают по изменению зеленой окраски в фиолетово-красную.

Одновременно проводят определение холостого опыта на чистоту реактивов (без навески почвы).

6. Результаты анализов выражают в мг N на 100 г сухой почвы:

$$N = \frac{a \cdot n \cdot 0,014 \cdot 1000 \cdot 100 \cdot k}{\Gamma},$$

где a – количество мл раствора H_2SO_4 , пошедшего на титрование; n – нормальность H_2SO_4 ; 0.014 – молярная масса азота, г/ммоль; 1000 – коэффициент пересчета; 100 – пересчет на 100 г почвы; k – коэффициент гигроскопичности; Γ – навеска воздушно-сухой почвы.

7. Форма записи:

| Почва | Глубина, см | H_2SO_4 | | N, мг/100 г сухой почвы |
|-------|----------------|-----------|---|----------------------------|
| | | a , мл | n | |
| | | | | |

Примечание: Обеспеченность почв азотом легкогидролизуемых соединений, определяемых по методу Корнфилда в мг/кг N на 100 г почвы, характеризуется следующими показателями: менее 100 – низкая; 100–150 – средняя; 150–200 – повышенная; 200–250 – высокая; более 250 – очень высокая.

Оборудование и реактивы

Оборудование:

- 1) чашки Конвея;
- 2) теххимические весы (ВЛТК-500);
- 3) термостат;
- 4) микробюретка.

Реактивы:

1) 0.02 н H_2SO_4 : фиксальный (0.1 н) раствор H_2SO_4 разбавляют в 5 раз и устанавливают точную нормальность. Для этого берут 5 мл 0.1 н NaOH, прибавляют индикатор Гроака (2–3 капли) и оттитровывают 0.02 н раствором H_2SO_4 до перехода зеленой окраски в фиолетово-красную. Нормальность кислоты рассчитывают по формуле

$$n_{H_2SO_4} = \frac{n \cdot NaOH \cdot V_{NaOH}}{V_{H_2SO_4}}$$

2) 2 %-й H_3BO_3 : 2 г H_3BO_3 растворить в небольшом количестве воды и довести до 100 мл;

3) индикатор Гроака;

4) 1 н NaOH: 4 г NaOH растворить в небольшом количестве воды и довести до 100 мл.

Вопросы для подготовки

1. Какими химическими соединениями представлен азотный фонд почвы и в каком случае они становятся доступными растениям?
2. Перечислите методы диагностики азотного режима почвы.
3. Назовите химические методы определения органических соединений азота.
4. В чем сущность метода Корнфилда?
5. Расскажите ход определения щелочногидролизуемого N по Корнфилду.
6. Приведите метод расчета и форму записи.
7. Проведите группировку по степени обеспеченности азотом.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА

Фосфор – один из важнейших биогенных элементов, необходимых для жизнедеятельности живых организмов. Он содержится во всех органах и частях растений, без него не может существовать ни одна живая клетка, поскольку нуклеопротеиды (важнейшее вещество клеточных ядер) содержат в своем составе фосфорную кислоту, находящуюся в нуклеиновых кислотах – РНК (рибонуклеиновая) и ДНК (дезоксирибонуклеиновой), являющихся непременными компонентами нуклеопротеидов. Фосфор содержится также в составе ряда других органических веществ растений, таких как фитин, лецитин, сахарофосфаты и др. Он играет важную роль в переносе энергии и обмене веществ.

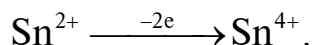
Среднее содержание фосфора в метровом слое почв, осадочных породах и литосфере одинаково (0.08 %), но в верхних гумусовых горизонтах почв оно достигает больших величин в связи с биогенной аккумуляцией.

Валовой фосфор почвы состоит из органических и минеральных соединений. Соотношение между ними зависит от типа почв: органические фосфаты могут составлять до 70–80 % от валового фосфора в почвах с высоким содержанием органических веществ (черноземы), уменьшаясь до 10–20 % в сероземах. Они практически недоступны растениям и могут быть использованы после разложения фосфоросодержащих белковых веществ.

Из минеральных соединений основным является фторапатин ($\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$), широко распространены фосфаты кальция: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, CaHPO_4 и $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. В кислых почвах значительная часть фосфора находится в соединениях с полуторными оксидами железа и алюминия (FePO_4 , AlPO_4) и практически недоступна растениям.

Соединения фосфора в почвах подвергаются различным превращениям. Из них наибольшее значение для генезиса и плодородия почв имеют: 1) минерализация органических соединений; 2) изменение подвижности фосфорных соединений; 3) иммобилизация фосфора и 4) фиксация фосфатов [7]. При минерализации органические соединения фосфора превращаются в минеральные в результате деятельности микрофлоры. Под действием различных ферментов (например, фитаз) от органических фосфорсодержащих соединений отщепляются остатки ортофосфорной кислоты и ее доступность растениям зависит от pH, наличия кальция и полуторных оксидов. Главный путь увеличения подвижности связан с превращением трикальцийфосфата в ди- или монокальцийфосфат: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow \text{CaHPO}_4 \rightarrow \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. Эта реакция идет в присутствии свободных кислот, образующихся, в частности, путем биохимической трансформации почвенных углеводов в органические кислоты.

Доступный для питания растений фосфор, находящийся в форме легкорастворимых фосфатов, извлекается в зависимости от типа почв различными методами, которые отличаются между собой прежде всего выбором реактива для получения соответствующей вытяжки. Однако в основе почти всех методов определения фосфора лежит его способность в кислой среде образовывать с молибдатом комплекс: фосфорно-молибденовую гетерополиокислоту – $\text{H}_3[\text{P}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4]$. При дальнейшем прибавлении к раствору восстановителя (олово) молибден, входящий в состав фосфорно-молибденовой кислоты, частично восстанавливается до пятивалентного с образованием комплексного соединения синего цвета – молибденовой сини. Восстановитель же (олово) будет окисляться:



Работа № 4. Определение легкорастворимых фосфатов по методу Чирикова

Для почв с нейтральной или близкой к ней реакцией почвенного раствора – серых лесных, некарбонатных черноземов, каштановых почв – стандартным методом в настоящее время принят метод Чирикова. Метод основан на извлечении подвижного фосфора из почвы 0.5 н раствором уксусной кислоты при соотношении почва : раствор, равном 1 : 25. В вытяжку переходят легкорастворимые фосфаты кальция, часть AlPO_4 и часть органических соединений фосфора.

Ход анализа

1. Отвешивают 4 г воздушно-сухой почвы с диаметром частиц менее 1 мм, помещают в колбу на 250 мл, приливают 100 мл 0.5 н раствора CH_3COOH . Взбалтывают на ротаторе 2 часа и фильтруют через плотный

складчатый фильтр. Первые порции фильтрата (5 мл) отбрасывают, чтобы освободиться от примесей. Вытяжка должна быть совершенно прозрачной, в противном случае ее перефильтровывают.

2. В зависимости от предполагаемого содержания фосфора берут 5–20 мл вытяжки, помещают в мерную колбочку на 100 мл, разбавляют дистиллированной водой примерно до 90 мл, прибавляют 4 мл 2.5%-го раствора молибденовокислого аммония в серной кислоте и перемешивают.

3. Вносят в колбочку 6 капель свежеприготовленного раствора двухлористого олова SnCl_2 , затем добавляют дистиллированную воду до метки и еще раз хорошо перемешивают 3–4-кратным перевертыванием колбочки. Колориметрирование следует проводить не позже чем через 10 мин после окрашивания, с красным светофильтром ($\lambda = 725$ нм). Просмотр растворов следует проводить через одинаковое время, для чего необходимо выбрать удобный интервал времени в 1–1.5 мин для окрашивания каждой последующей колбы.

4. Определение содержания фосфора в мг/100 г почвы в испытуемых растворах производится по калибровочной кривой (рис. 4), построенной по шкале образцовых растворов, или расчетным методом.

5. Для приготовления шкалы образцовых растворов вначале готовят основной эталонный раствор, растворив 0.1917 г х.ч. KH_2PO_4 (однозамещенный фосфат калия) в мерной литровой колбе и получив раствор с содержанием 0.1 мг P_2O_5 в 1 мл. Из него готовят рабочий эталонный раствор, разбавив дистиллированной водой основной раствор в **50 раз** (5 мл до объема 250 мл) – такой рабочий раствор содержит 0.002 мг P_2O_5 в 1 мл.

6. Для приготовления шкалы образцовых растворов берут серию мерных колб на 100 мл, отмеривают в них бюреткой (или пипеткой) 2, 5, 10, 20, 30, 40, 50 мл рабочего эталонного раствора фосфора и получают шкалу с концентрацией соответственно 0.004; 0.01; 0.02; 0.04; 0.05; 0.08 и 0.10 мг в 100 мл. Все последующие операции добавления реактивов те же, что и с испытуемыми растворами, т.е. прибавляют дистиллированную воду примерно до 90 мл, добавляют 4 мл 2.5%-го раствора молибденовокислого аммония в серной кислоте, перемешивают, вносят 6 капель SnCl_2 , доводят водой до метки и еще раз перемешивают.

Найденное по калибровочному графику значение фосфора подставляют в формулу, находят его значение в мг на 100 г почвы:

$$\text{P}_2\text{O}_5 = \frac{a \cdot V \cdot 100 \cdot k}{v_1 \cdot \Gamma}$$

7. Определение фосфора расчетным методом проводят по формуле

$$\text{P}_2\text{O}_5 = \frac{D \text{ исп.} \cdot C \text{ эт.} \cdot V \cdot 100 \cdot k}{D \text{ эт.} \cdot \Gamma \cdot v_1},$$

где D исп. и D эт. – соответственно плотность испытуемого и эталонного растворов; C эт. – концентрация эталонного раствора, мг/100 мл; V – общий объем вытяжки, мл; v_1 – объем вытяжки, взятый для определения, мл; g – навеска воздушно-сухой почвы; k – коэффициент гигроскопичности.

D опт. плотн.

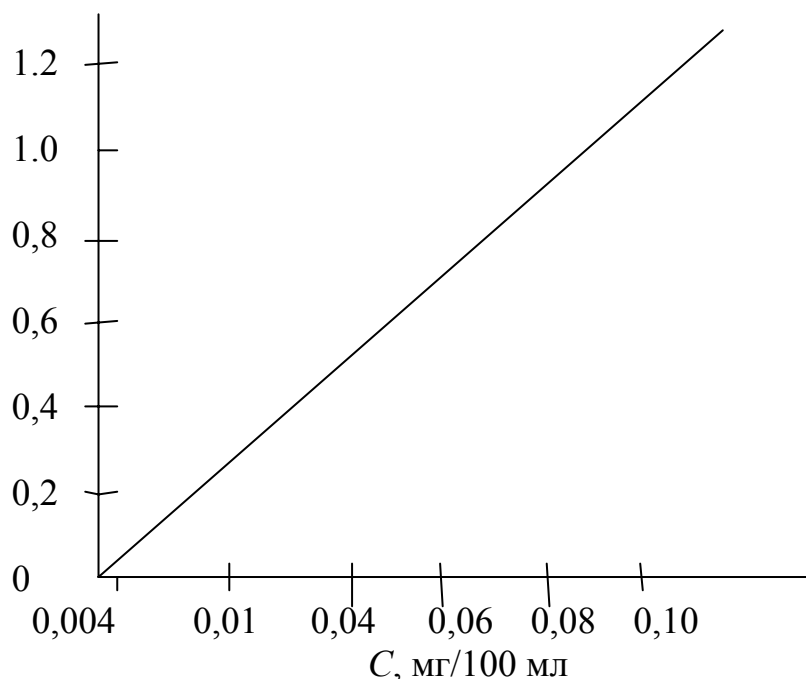


Рис. 4. Калибровочный график для определения содержания P_2O_5

8. Форма записи:

| Почва, глубина, см | Навеска почвы, г | Общий объем вытяжки, мл | Аликвота для определения, мл | Показатели эталонного раствора | | Плотность испытуемого раствора D исп. | P_2O_5 , мг на 100 г почвы |
|--------------------|------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------------|---------|---|------------------------------|
| | | | | C эт. | D эт. | | |
| | | | | | | | |

Оборудование и реактивы

Оборудование:

- 1) фотоколориметр;
- 2) аналитические и технохимические весы;
- 3) ротатор;
- 4) мерные колбы на 1 л, 250 мл и 100 мл.

Реактивы:

- 1) 0.5 н раствор уксусной кислоты: 30 мл конц. CH_3COOH разбавляют дистиллированной водой до 1 л;

2) 2.5%-й раствор молибденовокислого аммония в серной кислоте (комплексообразователь): сначала готовят раствор кислоты, помещая в колбу из термостойкого стекла 500 мл дистиллированной воды и осторожно вливая в нее при помешивании 280 мл конц. H_2SO_4 (пл. 1.84).

Для приготовления молибденовокислого аммония $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$, берут 25 г соли и растворяют в 200 мл дистиллированной воды, нагретой до 60 °С. После остывания обоих растворов вливают раствор молибденовокислого аммония небольшими порциями в раствор серной кислоты при постоянном помешивании. После охлаждения общий объем доводят водой до 1 л. Раствор переливают в склянку из оранжевого стекла с притертой пробкой. Раствор устойчив и может храниться длительное время.

Часто определение P_2O_5 проводят методом Дениже в модификации Малугина и Хреновой. Для этого в каждую колбу приливают по 10 мл 27%-й H_2SO_4 , тщательно перемешивают, добавляют 10 мл 2%-го водного раствора молибденовокислого аммония и доводят водой до метки, а перед просмотром прибавляют 5–6 капель олова.

27%-ю H_2SO_4 готовят так: берут 150 мл концентрированной H_2SO_4 (уд. в. 1.84) и осторожно приливают в воду (850 мл).

2%-й раствор молибденовокислого аммония готовят так: 20 г соли растворяют в 500–700 мл горячей дистиллированной воды. После охлаждения доводят до 1 л;

3) хлористое олово (для группы в 7–8 человек): отвешивают 500 мг $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ и растворяют при нагревании в 20 мл 10%-й HCl в стеклянном термостойком стаканчике до полного его растворения. **Растворение идет лучше и быстрее**, если к 1.25 г $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ приливают 20 мл концентрированной HCl , нагревают до полного растворения, а затем доводят дистиллированной водой до 50 мл.

Обеспеченность почв подвижными фосфатами (в мг P_2O_5 на 100 г почвы) по содержанию их в вытяжке Чирикова

| Степень обеспеченности | Культуры | | |
|------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|
| | Зерновые, зернобобовые | Корнеплоды, картофель | Овощные, технические |
| Очень низкая | < 2 | < 5 | < 10 |
| Низкая | < 5 | < 10 | < 15 |
| Средняя | 5–10 | 10–15 | 15–20 |
| Высокая | > 10 | > 15 | > 20 |

Вопросы для подготовки

1. Какова роль фосфора в жизни растений и плодородии почв?
2. Какими соединениями представлены фосфаты в почве?
3. Каким превращениям подвергаются соединения фосфора в почве?

4. Какие формы фосфатов являются доступными для питания растений?
5. Перечислите методы определения подвижных фосфатов в разных почвах.
6. Принцип определения легкорастворимых фосфатов по методу Чирикова.
7. Расскажите ход проведения анализа.
8. Приведите методы расчета и форму записи.
9. Приведите группировку почв по степени обеспеченности подвижным фосфором по методу Чирикова (по методу Масловой) под различными сельскохозяйственными культурами.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБМЕННОГО КАЛИЯ

Калий является одним из элементов почвенного плодородия и незаменимым элементом минерального питания растений. В растениях он находится в ионной форме и не входит в состав органических соединений клеток. Содержится главным образом в цитоплазме и вакуолях, а в ядре отсутствует. Основная часть (~ 80 %) калия находится в клеточном соке и легко извлекается водой. Около 20 % калия удерживается в клетках растений в обменно-поглощенном состоянии коллоидами цитоплазмы, до 1 % – необменно поглощается митохондриями. Накапливающийся в хлоропластах и митохондриях калий стабилизирует их структуру и способствует образованию богатых энергией АТФ в процессах фотосинтетического и окислительного фосфорилирования.

Калий влияет прежде всего на усиление гидратации коллоидов цитоплазмы, повышая степень их дисперсности, что помогает растению лучше удерживать воду и переносить временную засуху. Он усиливает накопление крахмала в картофеле, сахарозы в сахарной свекле и моносахаров в ряде плодовых и овощных культур, повышает холодоустойчивость и зимостойкость растений, усиливает синтез высокомолекулярных углеводов и витаминов, катализирует работу некоторых ферментов и т.д.

В почве содержание калия определяется в основном минералогическим составом – наличием калийсодержащих минералов: слюд, гидрослюд, полевых шпатов и т.д. Его валовое содержание в почвах колеблется в значительных пределах – от 0.03 % в торфяных почвах до 1.7–2.7 % в черноземах, серых лесных, каштановых почвах. При этом в его распределении по фракциям отдельных механических элементов в черноземах установлена определенная закономерность: с уменьшением размера частиц происходит увеличение содержания валового калия. Во фракции крупной пыли (0.1–0.01 мм) содержится 1.8–2.3 %, во фракции 0.01–0.005 мм – 2.0–2.8 %, во

фракции 0.005–0.001 мм – 2.8–3.3 % и в илистой фракции (менее 0.001 мм) – 2.9–3.2 %.

При изучении калия в почвах определяют следующие его формы: валовой (общий); минеральный (силикатный); необменный (кислоторастворимый); подвижный (обменный и водорастворимый); органический. В агрономических целях при характеристике плодородия почв в отношении калия имеет значение определение не валового калия, а лишь доступного растениям, т.е. подвижного калия, и в первую очередь водорастворимого, а затем обменного. По мере потребления эти формы восполняются за счет обменного калия (ближний резерв).

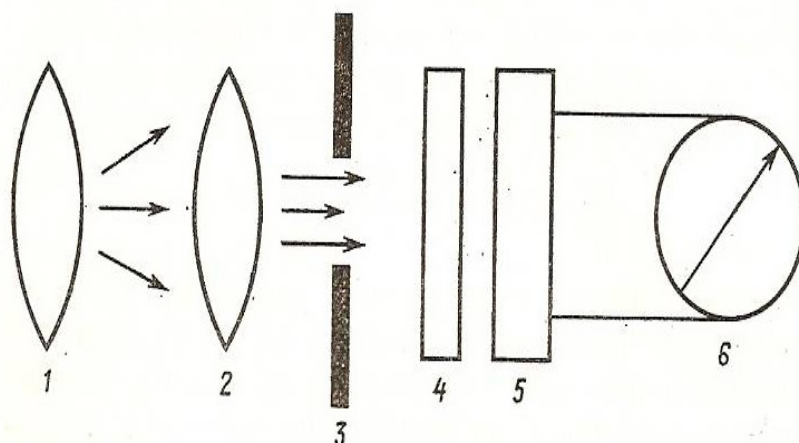
Подвижные формы калия определяются различными методами: с извлечением из почвы солевыми растворами (методы Масловой, Мачигина); слабыми растворами кислот (методы Кирсанова, Чирикова и др.); буферными растворами (методы Эгнера – Рима, Шахтшабеля).

Работа № 5. Определение обменного калия по методу Чирикова (по методу Масловой) с пламеннофотометрическим окончанием

Одним из стандартных, хорошо апробированных методов является метод Масловой. Метод основан на извлечении из почв обменного калия 1.0 н раствором уксуснокислого аммония при соотношении почва : раствор 1 : 10 и часовом взбалтывании. По данным Важенина и Карасевой (1959), этим методом извлекается из почв в среднем 75 % от общего количества обменного калия. В эту вытяжку переходит и водорастворимый калий, но его доля мала и большого значения в питании растений он не имеет. Метод Масловой рекомендуется для определения в некарбонатных почвах: дерново-подзолистых, серых лесных, черноземах, красноземах и желтоземах.

В агрохимических центрах часто совмещают определение калия в одной вытяжке с фосфором по методу Чирикова. Для этого метода разработана группировка почв по обеспеченности обменным калием.

Количество калия, вытесненное в раствор, определяют в дальнейшем на пламенном фотометре (рис. 5, 6). Принцип метода пламенного фотометра основан на том, что атомы измеряемого элемента, возбужденные в пламени, излучают свет определенной длины волны, являющейся характерной для того или иного элемента. Интенсивность излучения зависит от концентрации раствора. Для выделения измеряемого спектра в приборе применяются интерференционные светофильтры, которые максимально пропускают длины волн определяемого элемента. Измерение излучения проводится микроамперметром через усилитель и вакуумный фотоэлемент. Результаты представляют в виде графика.



*Рис. 5. Схема пламенного фотометра:
1 – горелка; 2 – линза; 3 – диафрагма; 4 – интерференционный светофильтр;
5 – фотозлемент; 6 – гальванометр*

Ход анализа

1. Взвешивают на теххимических весах 5 г воздушно-сухой почвы, просеянной через сито с отверстиями в 1 мм, помещают в колбу на 200 мл, приливают 50 мл 1.0 н раствора уксуснокислого аммония (рН 7.0) и взбалтывают на ротаторе 1 час.

2. Суспензию фильтруют через складчатый фильтр, перенося на него большую часть почвы и перефильтровывая первые порции вытяжки. В прозрачном фильтрате определяют калий на пламенном фотометре. Сравнение интенсивности излучения ведут по эталонным растворам, приготовленным на 1 н растворе уксуснокислого аммония.

3. Готовят основной эталонный раствор с содержанием 1 мг/мл K_2O . Для этого взвешивают на аналитических весах 1.583 г х.ч. КСI в мерную колбу на 1 л, растворяют дистиллированной водой и доводят до метки.

4. Из этого эталонного раствора готовят серию рабочих растворов. Для этого отмеривают бюреткой основной эталонный раствор в мерные колбы на 250 мл следующие объемы: 1.0; 2.5; 5.0; 7.5; 10.0; 12.5; 15.0; 20.0 и 25.0 мл. Доводят до метки уксуснокислым аммонием и перемешивают. Эти значения будут соответствовать следующим концентрациям: 4.0; 10.0; 20.0; 30.0; 40.0; 50.0; 60.0; 80.0 и 100.0 мг K_2O в 1 л.

5. По серии рабочих растворов строят градуировочную кривую. При этом подбирают такую чувствительность работы прибора, при которой отклонение стрелки от введения испытуемых растворов будет в диапазоне средних делений гальванометра.

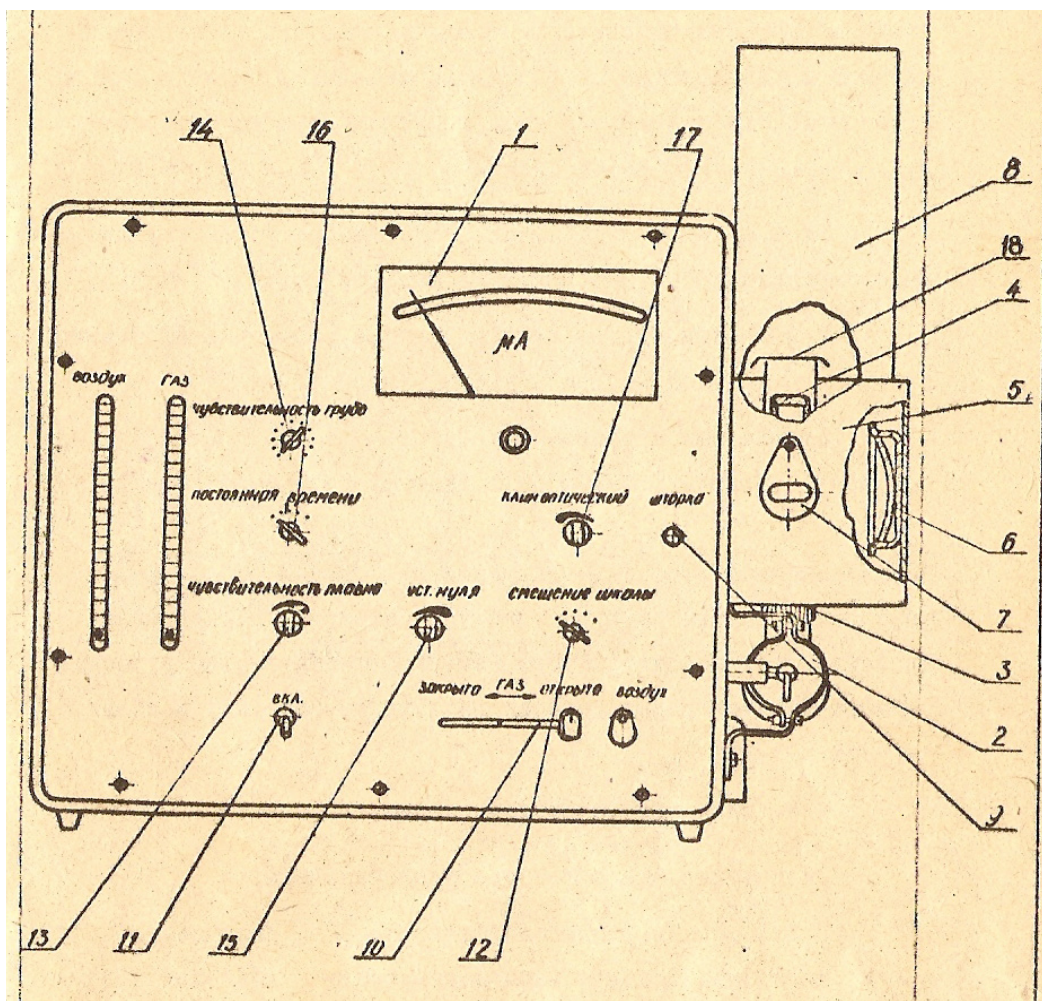


Рис. 6. Передняя панель пламенного фотометра ПАЖ-1
(пламенно-фотометрический анализатор жидкости):

1 – микроамперметр (гальванометр); 2 – форсунка (распылитель); 3 – гайка регулирования положения горелки; 4 – горелка; 5 – камера сгорания; 6 – отражательное зеркало; 7 – окно для наблюдения за пламенем; 8 – съемный кожух для предохранения пламени от попадания окружающего света; 9 – шторка светового канала; 10 – газовая шторка; 11 – тумблер «Сеть»; 12 – ручка смещения шкалы; 13 – ручка чувствительности «Плавно»; 14 – ручка чувствительности «Грубо»; 15 – ручка установки нуля; 16 – ручка установки «Постоянная времени»; 17 – ручка оптического клина; 18 – насадка (металлическая шайба), уменьшающая выходное отверстие для продуктов сгорания

6. График строят на миллиметровой бумаге. На оси абсцисс откладывают значения концентрации в образцовых рабочих растворах (мг/л), а на оси ординат – показания гальванометра (микроамперметра), соответствующие этим концентрациям. По точкам, полученным при пересечении перпендикуляров, восстановленных из значений концентраций и показаний шкалы, проводят прямую (рис. 7).

7. Затем анализируют испытуемые растворы и по показателям каждого исследуемого раствора по графику определяют концентрацию элементов в них (в мг/л).

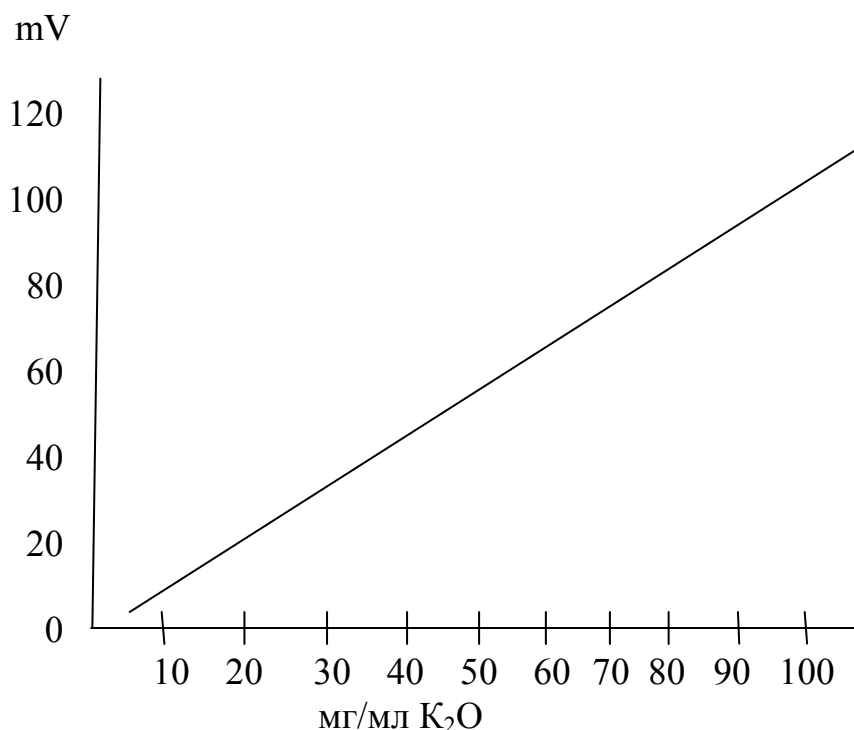


Рис. 7. Калибровочная кривая для определения K_2O

Для дальнейшего расчета K_2O в мг на 100 г сухой почвы используют формулу

$$K_2O = \frac{a \cdot V \cdot 100 \cdot k}{г \cdot 1000},$$

где a – концентрация K_2O в 1 л вытяжки по калибровочному графику, мг; V – общий объем вытяжки, мл; 1000 – коэффициент пересчета концентрации на 1 мл; 100 – коэффициент пересчета на 100 г сухой почвы; $г$ – навеска воздушно-сухой почвы; k – коэффициент гигроскопичности.

8. Форма записи:

| Почва, глубина, см | Навеска почвы, г | Общий объем фильтрата V , мл | Показания гальванометра, mV | Концентрация K_2O , мг/л | K_2O , мг/100 г почвы |
|--------------------|------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| | | | | | |

Порядок работы на пламенном фотометре

Прежде чем приступать к работе, **следует изучить инструкцию и порядок работы на приборе! Не оставлять без присмотра прибор с зажженной горелкой!**

1. Включить компрессор.
2. Включить прибор в электрическую сеть, переведя тумблер на панели в верхнее положение – внутри манометров зажгутся лампочки подсветки.
3. Открыть доступ газа к прибору, не переводя пока защитный штуцер заслонки на панели в крайнее правое положение.
- 4.левой рукой постепенно переводить защитный штуцер заслонки в крайнее правое положение и одновременно правой рукой поднести зажженную спичку к образующейся смеси газа и воздуха у выхода горелки.
5. Образующийся конус пламени: постепенным движением заслонки влево уменьшить внутренние конуса (12 шт.) до размера 6–8 мм, а внешний конус над ними должен иметь размер 3–5 см и светиться голубовато-синеватым сиянием.
6. Открыть шторку на панели до упора на себя.
7. С левой торцевой стороны ручкой микрокрана перевести стрелку интерференционного светофильтра на тот элемент, который определяем.
8. Фотометрические измерения следует начинать после 15–20 мин «утомления» фотоэлемента.
9. Разарретировать гальванометр (микроамперметр), поставив ручку переключателя с «0» на «App».
10. Начать калибровку шкалы микроамперметра.
11. При выключении прибора нужно соблюдать **такую последовательность:**
 - а) заарретировать микроамперметр (поставить переключатель на «0»);**
 - б) перекрыть (отключить) газ внешней подводки к прибору, дать погаснуть пламени горелки и после этого закрыть штуцер заслонки (перевести его влево);**
 - б) выключить питание осветительной сети;**
 - в) выключить компрессор (отключить подачу воздуха).**

Оборудование и реактивы

Оборудование:

- 1) пламенный фотометр;
- 2) ротатор;
- 3) весы аналитические и теххимические;

- 4) мерные колбы на 1 л и 250 мл;
- 5) колбы на 200 мл.

Реактивы: 1) 1.0 н раствор $\text{CH}_3\text{COONH}_4$: отвешивают на теххимических весах 77 г х.ч. уксуснокислого аммония, растворяют в небольшом количестве дистиллированной воды и доводят до 1 л (рН 7.0).

*Обеспеченность почв обменным калием (в мг K_2O на 100 г почвы)
по содержанию их в вытяжке Масловой и Чирикова*

| Обеспеченность | По методу Масловой | | | По Чирикову |
|----------------|----------------------|-----------------------|------------------|-------------|
| | Зерновые, лен, травы | Корнеплоды, картофель | Овощные культуры | |
| Очень низкая | < 5 | < 10 | < 15 | < 2 |
| Низкая | < 10 | < 15 | < 20 | 2.1–4.0 |
| Средняя | 10–15 | 15–20 | 20–30 | 4.1–6.0 |
| Повышенная | – | – | – | 6.1–12.0 |
| Высокая | > 15 | > 20 | > 30 | 12.1–16.0 |
| Очень высокая | – | – | – | > 16.0 |

Вопросы для подготовки

1. Какова роль калия в жизни растений и плодородии почв?
2. Чем определяется содержание калия в почве?
3. Какие формы калия определяют в почве?
4. Какие формы калия доступны растениям?
5. Назовите методы определения подвижного калия в почве.
6. Расскажите о методе Масловой по определению обменного калия и о методе Чирикова.
7. В чем заключается принцип пламенной фотометрии?
8. Расскажите ход анализа.
9. Расскажите принцип построения калибровочной кривой.
10. Приведите формулу расчета и форму записи.
11. Приведите группировку почв по степени обеспеченности обменным калием по методу Масловой и методу Чирикова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимические методы исследования почв. – М. : Наука, 1975. – 656 с.
2. Адерихин П.Г. Калий, его содержание, формы и распределение в почвах центрально-черноземных областей / П.Г. Адерихин, А.Б. Беляев // Почвоведение. – 1973. – № 10. – С. 99–107.
3. Адерихин П.Г. Фосфор в почвах и земледелии Центрально-Черноземной полосы / П.Г. Адерихин. – Воронеж : ВГУ, 1970. – 248 с.

4. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М. : Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
5. Воробьева Л.А. Химический анализ почв / Л.А. Воробьева. – М. : МГУ, 1998. – 272 с.
6. Минеев В.Г. Экологические проблемы агрохимии / В.Г. Минеев. – М. : МГУ, 1987. – 285 с.
7. Орлов Д.С. Химия почв / Д.С. Орлов. – М. : Изд-во МГУ, 1992. – 400 с.
8. Практикум по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева. – М. : Изд-во МГУ, 1989. – 304 с.
9. Русин Г.Г. Физико-химические методы анализа в агрохимии / Г.Г. Русин. – М. : Агропромиздат, 1990. – 303 с.
10. Физико-химические методы исследования почв / под ред. Н.Г. Зырина, Д.С. Орлова. – М. : МГУ, 1980. – 382 с.
11. Шконде Э.И. О применимости метода Корнфилда для определения потребности почв в азотных удобрениях / Э.И. Шконде // Химия в сельском хозяйстве. – 1971. – № 12. – С. 50–60.
12. Щербаков А.П. О проблеме, формах и методах изучения азота в черноземах / А.П. Щербаков // Биол. науки. – 1974. – № 9 – С. 122–132.
13. Якушкина Н.И. Физиология растений / Н.И. Якушкина. – М. : Просвещение, 1980. – 303 с.

Учебное издание

**ЭЛЕМЕНТЫ МИНЕРАЛЬНОГО
ПИТАНИЯ В ПОЧВАХ**

Учебно-методическое пособие для вузов

Составитель

Беляев Анатолий Борисович

Корректор В.П. Бахметьев

Компьютерная верстка Н.А. Сегида

Подп. в печ. 17.08.2012. Формат 60×84/16.

Усл. печ. л. 1,7. Тираж 75 экз. Заказ 473.

Издательско-полиграфический центр

Воронежского государственного университета.

394000, г. Воронеж, пл. им. Ленина, 10. Тел. (факс): +7 (473) 259-80-26

<http://www.ppc.vsu.ru>; e-mail: pp_center@ppc.vsu.ru

Отпечатано в типографии Издательско-полиграфического центра

Воронежского государственного университета.

394000, г. Воронеж, ул. Пушкинская, 3. Тел. +7 (473) 220-41-33