

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**к лабораторным работам**

по курсу «Агроэкология»  
для студентов специальности «Экология, охрана окружающей среды  
и сбалансированное природопользование» всех форм обучения,  
в том числе иностранных студентов

Утверждено  
редакционно-издательским  
советом университета,  
протокол № 2 от 23.06.2016 г.

Харьков  
НТУ «ХПИ»  
2016

Методические указания к лабораторным работам по курсу «Агроэкология» для студентов специальности «Экология, охрана окружающей среды и сбалансированное природопользование» всех форм обучения, в том числе иностранных студентов / Сост. Т.С. Тихомирова. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2016 – 32 с.

Составитель Т.С. Тихомирова

Рецензент проф. В.Е. Ведь

Кафедра химической техники и промышленной экологии

## **ВСТУПЛЕНИЕ**

Данные методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по курсу «Агроэкология» студентами всех форм обучения, в том числе иностранными студентами. Первые две работы посвящены изучению фитотоксичности почвы. Определение токсичности почвы непосредственно для тех растений, которые будут в будущем выращиваться на ней, позволяет с максимальной точностью прогнозировать целесообразность ведения сельскохозяйственной деятельности.

Ряд лабораторных работ посвящен определению качества меда и способов анализа натурального и сахарного меда. Пчеловодство является неотъемлемой частью системы органического земледелия. А его продукты находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства.

При выполнении лабораторных работ с использованием данных методических указаний студенты получают навыки работы в команде, навыки работы с образцами почвы и навыки определения качества меда.

В методических указаниях рассмотрены цели лабораторных занятий, приведен теоретический материал, перечень необходимых материалов и ход выполнения работы, после чего предложена форма отчета. Также в конце каждой лабораторной работы приведен список вопросов, ответив на которые, студент может самостоятельно судить о степени усвоения материала.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

## Биотестирование почв сельскохозяйственного назначения

**Цель работы:** освоить методы биотестирования почв, загрязненных различными токсическими веществами, научиться делать выводы о возможности использования тех или иных почв для дальнейшего ведения сельского хозяйства

### 1.1. Понятие о биотестировании почв

Биотестирование – это метод исследования экотоксичности проб воды, грунта, донных отложений, ила и т.д., основанный на ответной реакции живых организмов на негативное воздействие загрязняющих (токсичных) веществ. Метод биотестирования способен давать достоверную информацию о качестве компонентов окружающей среды, в том числе почв. Если для других компонентов окружающей среды, таких как вода и воздух, существует еще ряд лабораторных методов исследования содержащихся в них токсических веществ и ряд методов, позволяющих оценить потенциальный вред от воздействия таких веществ на живые организмы, то для оценки экотоксичности почвы самым быстрым и относительно недорогим методом является именно биотестирование.

Токсичность среды обитания устанавливается с использованием биологических объектов (тест-организмов) для выявления степени токсичности тех или иных веществ или их суммарного воздействия.

Биотестирование основано на исследовании эффективности гомеостатических механизмов живых организмов, которые способны уловить присутствие стрессирующего воздействия раньше, чем многие обычно используемые методы. В оптимальных условиях организм реагирует на воздействие среды посредством сложной физиологической системы буферных гомеостатических механизмов. Эти механизмы поддерживают оптимальное протекание процессов развития. Под воздействием неблагоприятных условий механизмы поддержания гомеостаза могут быть нарушены, что приводит к состоянию стресса. Такие нарушения можно определить при оценке факторов воздействия, что и составляет основу метода биотестирования.

В случае использования биотестирования для оценки загрязненности почвы наиболее достоверным является контактное биотестирование, которое обеспечивает непосредственный контакт тест-организма с исследуемым образцом и таким образом позволяет установить уровень воздействия твердых загрязнителей. Хотя в некоторых случаях заведомо сильнозагрязненных почв достаточно исследовать водные вытяжки почв с помощью простейших организмов (водорослей, ракообразных, моллюсков).

В ходе опыта по биотестированию почвы с помощью тестовых растений фиксируется всхожесть, энергия прорастания, длина надземной и корневой систем, масса сухого вещества надземной и подземной частей. В дальнейшем полученные данные сравниваются с данными о развитии растений на контрольных, не загрязненных почвах и делается вывод о экотоксичности почвы.









## **1.2. Тест-организмы для проведения биотестирования**

В зависимости от методики исследования экотоксичности почвы используют однодольные или двудольные семена растений. Для оценки экотоксичности почвы методом проращивания семян с последующей оценкой состояния растений можно использовать практически любые растения, чаще всего в этом случае в качестве тест-объектов используют мелкие семена (льна, мака, рыжика, укропа и др.) либо семена тех растений, которые в будущем будут непосредственно выращиваться на оцениваемых почвах (пшеница, овес, подсолнечник, ячмень, проростки кустарников и древесных пород) (табл. 1.1).







Для оценки экотоксичности почвы методом накалывания водной вытяжки с исследуемых образцов почвы между семядолями растений можно использовать только семена двудольных растений (кресс-салат, салат майский, салат романо, редис и т.д.) (табл. 1.1)

Использование проростков древесных растений целесообразно в том случае, когда уже есть результаты биотестирования почвы, проведенного на быстрорастущих растениях, однако необходимо убедиться в возможности выращивания определенного вида кустарников (например смородины, крыжовника, малины и т.д.) или фруктовых деревьев на данных почвах с целью получения высоких урожаев.

Таблица 1.1 – Примеры тест-организмов для проведения биотестирования почв

Название	Внешний вид семян	Внешний вид взрослого растения
Лен		
Мак		
Укроп		
Пшеница		

Продолжение табл. 1.1

Ячмень		
Кресс-салат		
Редис		

В других случаях использование саженцев не является экономически обоснованным, так как их цена намного больше, чем цена семян. К тому же период наблюдения за развитием саженцев значительно больше (около 5 месяцев) по сравнению с наблюдением за быстрорастущими растениями (до 1 месяца).

Для достоверной оценки применяют не менее трех тестов с разными видами семян. Лучше использовать свежесобранные семена, так как на лежалых семенах развивается сапрофитная микрофлора и при прорастании в условиях влажных камер (колбы, чашки Петри, пробирки) они могут гнить и выбывают из опыта.

С целью профилактики развития заболеваний семена протравливают. Сухие семена погружают в 1 %-й раствор марганцовокислого калия на

0,5 часа, а затем промывают дистиллированной водой, используя два слоя марли, обсушивают на фильтровальной бумаге на воздухе.

### **1.3. Материалы и реактивы**

Для выполнения лабораторной работы необходимы:

- 1) семена растений согласно перечню (табл. 1.1) по 30 штук каждого вида;
- 2) пробы исследуемой почвы массой не менее 100 гр;
- 3) образцы контрольной почвы без содержания токсичных веществ, лучше приобрести готовый грунт для выращивания рассады или комнатных растений;
- 4) аналитические весы;
- 5) штангенциркуль;
- 6) чашки Петри (не менее 15 шт.);
- 7) вода для полива (не менее двух литров).

### **1.4. Ход выполнения работы**

На первом этапе в чашки Петри помещаются образцы исследуемой почвы и образцы контрольной (не загрязненной почвы), почва увлажняется, образцы почвы маркируются.

Семена выбранных растений (например, пшеницы, редиса, салата) тщательно осматриваются и калибруются по размеру. В ходе калибровки убираются слишком маленькие или слишком большие семена, а также семена с различными видами повреждений. Затем семена протравливаются, как указано в п. 1.2.

Далее в каждую чашку Петри высаживаются 10–15 семян одного вида растений. Для каждого образца почвы высаживают не менее трех различных видов растений.

Чашки Петри с высаженными растениями размещают в помещении так, чтоб интенсивность падающего света была примерно одинакова для всех образцов. Каждый день образцы поливаются одинаковой водой (например, отстоянной водопроводной).

В течении 7 дней (или больше, если это необходимо) за образцами ведется наблюдение с целью фиксации времени появления всходов, а также



количество всходов каждый день. Подсчет ведется в одно и то же время и данные заносятся в лабораторный журнал.

По истечении контрольного срока растения аккуратно вынимаются из чашек Петри так, чтоб не повредить корневую систему. Перед изъятием проводится последний подсчет числа ростков (общая всхожесть). Далее фиксируются такие параметры растений:

1) длина надземной части растений. Измеряется в каждой чашке Петри отдельно для каждого ростка, затем данные усредняются для каждого образца почвы по каждому виду растения;

2) общая масса растений для каждого образца почвы;

3) длина корневой системы растений. Измеряется также, как длина надземной части (см. выше п.1);

Данные заносятся в табл. 1.2, которая является примером оформления отчета по лабораторной работе.

Таблица 1.2 – Результаты биотестирования загрязненности почв с использованием тестовых растений

Номер образца	Вид (или сорт) тест-растений	Общее число всходов в конце контрольного срока	Длина надземной части растений, мм	Общая масса растений, г	Длина корневой системы растений, мм

После заполнения табл. 1.2 необходимо проанализировать полученные данные и сделать вывод о том, какие образцы почвы обладают большей фитотоксичностью, сделать предположения о тех элементах (веществах), которые могут находиться в почве и подавлять рост растений. Последнее предположение делается не только на основе полученных данных, но так же принимая во внимание «историю почвы», т.е. необходимо провести анализ местоположения, где отбирался образец с целью выявления там возможных токсических веществ, попавших туда давно.

Например, в образце № 1 наблюдается самое маленькое число всходов и самая маленькая масса растений по истечению 7 дней. Это

связано с тем, что почва для образца № 1 отбиралась на территории, прилегающей к цементному заводу (на данный момент не работающий). Высаженная пшеница не будет давать хороших урожаев на данной территории и выбранный участок земли не может быть рекомендован для сельскохозяйственного использования.

Для визуализации полученных данных из табл. 1.2 необходимо построить диаграммы с использованием программы Microsoft Office Excel или любой другой, позволяющей строить диаграммы. Пример построения приведен на рис. 1.1

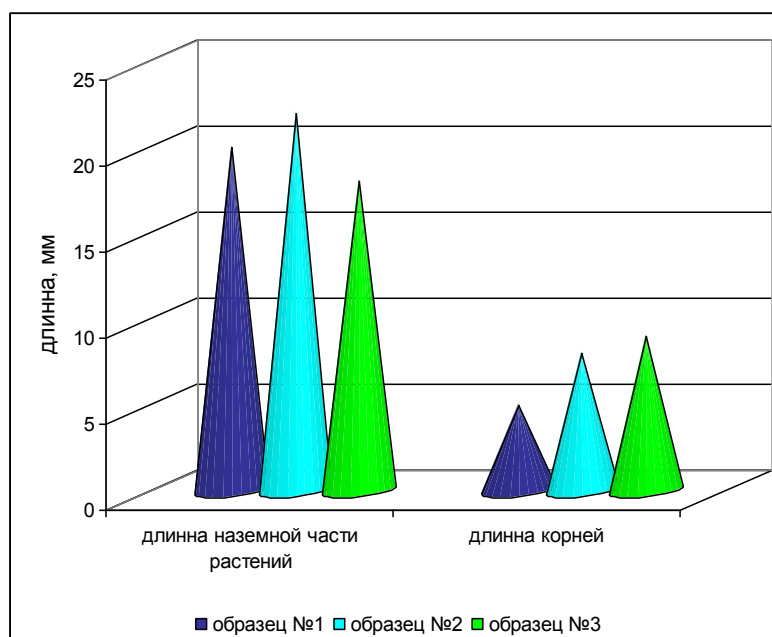


Рис. 1.1. Морфологические показатели средней длины ростков и корней тест-растений, выращенных на различных образцах почвы в опыте № 1: образец № 1 – почва, отобранная возле автомагистрали; образец № 2 – контрольный образец (субстрат для выращивания комнатных растений); образец № 3 – почва, отобранная недалеко от цементного завода

### Контрольные вопросы

1. Объяснить понятие «биотестирование»?
2. Что такое экотоксичность почвы?
3. Какие методы проведения биотестирования вы знаете?
4. Какие растения могут использоваться в качестве тест-растений при проведении биотестирования почвы?

5. Какие показатели роста растений фиксируются при проведении биотестирования почвы?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

### Изучение угнетающего воздействия тяжелых металлов, содержащихся в почве, на рост растений

**Цель работы:** освоить методы биотестирования почв, заведомо содержащих тяжелые металлы, научиться делать выводы о различном влиянии тяжелых металлов на рост растений.

#### 2.1. Понятие о тяжелых металлах

**Тяжелые металлы** – это группа химических элементов со свойствами металлов (в том числе и полуметаллы) и значительным атомным весом либо плотностью. Известно около сорока различных определений термина «**тяжёлые металлы**», и невозможно указать на одно из них, как наиболее принятое. Соответственно список тяжёлых металлов согласно разным определениям будет включать разные элементы. Используемым критерием может быть атомный вес свыше 50, и тогда в список попадают все металлы, начиная с ванадия, независимо от плотности. Другим часто используемым критерием является плотность, примерно равная или большая плотности железа ( $8 \text{ г/см}^3$ ), тогда в список попадают такие элементы как свинец, ртуть, медь, кадмий, кобальт, а, например, более легкое олово выпадает из списка. Существуют классификации, основанные и на других значениях пороговой плотности (например – плотность  $5 \text{ г/см}^3$ ) или атомного веса. Некоторые классификации делают исключения для благородных и редких металлов, не относя их к тяжёлым, некоторые исключают не цветные металлы (железо, марганец).

Термин «**тяжёлые металлы**» чаще всего рассматривается не с химической, а с медицинской и природоохранной точек зрения и, таким образом, при включении в эту категорию учитываются не только химические и физические свойства элемента, но и его биологическая

активность и токсичность, а также объём использования в хозяйственной деятельности.

Наиболее распространенный с точки зрения экологической токсичности следующий ряд тяжелых металлов и их солей: Cu, Zn, Hg, Cd, Pb, Sn, Fe, Mn, Ag, Cr, Co, Ni, As, Al.

## **2.2. Тяжелые металлы в почвах**

Главным природным источником тяжелых металлов являются породы (магматические и осадочные) и породообразующие минералы. Многие минералы в виде высокодисперсных частиц включаются в качестве аксессуарных (микропримесей) в массу горных пород. Примером таких минералов являются минералы титана (брусит, ильменит, анатаз), хрома ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ).

Многие элементы поступают в атмосферу с космической и метеоритной пылью, с вулканическими газами, горячими источниками, газовыми струями.

Поступление тяжелых металлов в биосферу вследствие техногенного рассеивания осуществляется разнообразными путями. Важнейшим из них является выброс при высокотемпературных процессах в черной и цветной металлургии, при обжиге цементного сырья, сжигании минерального топлива. Кроме того, источником загрязнения биоценозов могут служить орошение водами с повышенным содержанием тяжелых металлов, внесение осадков бытовых сточных вод в почвы в качестве удобрения.

Вторичное загрязнение происходит также вследствие выноса тяжелых металлов из отвалов рудников или металлургических предприятий водными или воздушными потоками, поступления больших количеств тяжелых металлов при постоянном внесении высоких доз органических, минеральных удобрений и пестицидов, содержащих тяжелые металлы.

Часть техногенных выбросов тяжелых металлов, поступающих в атмосферу в виде аэрозолей, переносится на значительное расстояние и вызывает глобальное загрязнение. Другая часть с гидрохимическим стоком попадает в бессточные водоемы, где накапливается в водах и донных отложениях и может стать источником вторичного загрязнения.

Тяжелые металлы, поступающие на поверхность почвы, накапливаются в почвенной толще, особенно в верхних гумусовых горизонтах, и медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии. Первый период полуудаления (т.е. удаления половины от начальной концентрации) тяжелых металлов значительно варьируется у различных элементов и занимает весьма продолжительное время: для цинка – от 70 до 510 лет; кадмия – от 13 до 110 лет, меди – от 310 до 1500 лет, свинца – от 770 до 5900 лет. Тяжелые металлы способны образовывать сложные комплексные соединения с органическими веществами почвы, поэтому в почвах с высоким содержанием гумуса они менее доступны для поглощения. Избыток влаги в почве способствует переходу тяжелых металлов в низшие степени окисления и в растворимые формы. Анаэробные условия повышают доступность тяжелых металлов для растений. Поэтому дренажные системы, регулирующие водный режим, способствуют преобладанию окисленных форм тяжелых металлов и тем самым снижению их миграционных характеристик. Растения могут поглощать из почвы микроэлементы, в том числе тяжелые металлы, аккумулируя их в тканях или на поверхности листьев, являясь, таким образом, промежуточным звеном в цепи «почва – растение – животное – человек».

Различные растения сосредоточивают в себе разное число микроэлементов: в большинстве случаев – избирательно. Так, медь усваивают растения семейства гвоздичных, кобальт – перцы. Высокий коэффициент биологического поглощения цинка характерен для березы карликовой и лишайников, никеля и меди – для вероники и лишайников. Тяжелые металлы являются протоплазматическими ядами, токсичность которых возрастает по мере увеличения атомной массы. Их токсичность проявляется по-разному. Многие металлы при токсичных уровнях концентраций ингибируют деятельность ферментов (медь, ртуть). Некоторые из них образуют хелатоподобные комплексы с обычными метаболитами, нарушая нормальный обмен веществ (железо). Такие металлы, как кадмий, медь, железо, взаимодействуют с клеточными мембранами, изменяя их проницаемость

Миграция тяжёлых металлов в почвах зависит, прежде всего, от щёлочно-кислотных и окислительно-восстановительных условий, определяющих разнообразие почвенно-геохимических обстановок. Важную

роль в миграции тяжелых металлов в профиле почв играют геохимические барьеры, в одних случаях усиливающие, в других ослабляющие (в силу способности к консервации) устойчивость почв к загрязнению тяжелыми металлами. На каждом из геохимических барьеров задерживается определённая группа химических элементов, обладающая сходными геохимическими свойствами. Специфика основных почвообразовательных процессов и тип водного режима обуславливают характер распределения тяжелых металлов в почвах: накопление, консервацию или вынос. Выделены группы почв с накоплением тяжелых металлов в разных частях почвенного профиля: на поверхности, в верхней, в средней части, с двумя максимумами. Кроме того, выделены почвы в зоне вечной мерзлоты, которым присуща концентрация тяжелых металлов за счёт внутрипрофильной криогенной консервации.

Особую группу образуют почвы, где в условиях промывного и периодически промывного режимов происходит вынос тяжелых металлов из профиля. Внутрипрофильное распределение тяжелых металлов имеет большое значение для оценки загрязнения почв и прогноза интенсивности аккумуляции в них загрязнителей. Характеристика внутрипрофильного распределения тяжелых металлов дополнена группировкой почв по интенсивности их вовлечения в биологический круговорот. Всего выделено три градации: высокая, умеренная и слабая.

### **2.3. Материалы и реактивы**

Для выполнения данной лабораторной работы необходимы:

- 1) семена растений согласно табл. 1.1;
- 2) чашки Петри (20 шт.);
- 3) аналитические весы;
- 4) штангенциркуль;
- 5) субстрат для выращивания комнатных растений или рассады (2 кг);
- 6) насыщенные водные растворы сульфатов железа, цинка и меди;
- 7) использованная пальчиковая батарейка;
- 8) вода для полива (2 л).

### **2.4. Ход выполнения работы**

За два месяца до начала выполнения лабораторной работы преподаватель готовит образец почвы, в котором на глубине 20 см закопана использованная пальчиковая батарейка. Для этого берется субстрат для выращивания комнатных растений или рассады и в него помещается использованная батарейка, периодически почва поливается для имитации природных условий. Цель приготовления такого образца – изучить влияние бесконтрольного выбрасывания использованных элементов питания на растения. Ведь известно, что при попадании батарейки в почву в ней начинается коррозионный процесс разрушения верхней металлической оболочки, который сопровождается выделением в почву токсических веществ, а именно свинца, кадмия, ртути, цинка, никеля, содержащихся в элементах питания. Подготовленный таким образом образец почвы затем выдается студентам.

Остальные образцы готовятся путем переувлажнения почвы, а именно субстратов для выращивания рассады или комнатных растений, насыщенными водными растворами солей, указанных в п. 2.3. Субстраты для выращивания растений не содержат в себе изначально тяжелых металлов, таким образом можно изучить влияние каждого химического элемента на рост и развитие растений.

Далее ход работы аналогичен приведенному в п. 1.4.

### **Контрольные вопросы**

1. Что понимают под термином «тяжелые металлы»?
2. Какие свойства почвы влияют на распространение тяжелых металлов?
3. Как проявляется токсичность тяжелых металлов?
4. Какие растения лучше поглощают тяжелые металлы?
5. В чем опасность бесконтрольного выбрасывания батареек?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3**

### **Потенциометрическое определение рН почвы**

**Цель работы:** изучение потенциометрического метода определения рН почвы.

#### **3.1. Влияние рН почвы на урожайность**

Кислотно-основной режим почв в значительной степени определяет их генезис, плодородие и экологические функции. Обычно рН почв колеблется от 2,5 до 11. Оптимальное для развития растений значение рН составляет для большинства сельскохозяйственных культур от 5,5 до 7,5 (картофель и лен – 5,0–5,5; пшеница – 6–7). Однако некоторые культуры требуют специфических значений рН (например, чай – около 4).

В зависимости от местоположения почвы значение рН сильно отличаются. На холодных склонах северных экспозиций наблюдается снижение рН и повышение гидролитической кислотности, по сравнению с южными. Например, в пахотном слое типичного чернозема отмечены следующие значения рН: на водораздельном плато – 5,7; на склоне северной экспозиции – 5,5; на склоне южной экспозиции – 6,2.

В зависимости от рН среды в значительной степени изменяется содержание гумуса и его подвижных форм, содержание подвижных и водорастворимых форм соединений элементов питания и токсикантов, их миграционная способность в почвенном профиле и в ландшафте. При



кислой реакции среды значительно увеличивается растворимость соединений фосфора, поливалентных катионов, но в то же время тяжелых металлов. Подвижность органического вещества почв возрастает как в кислом, так и, особенно, в щелочном интервалах. Это является одной из причин большей доли фульвокислот, по сравнению с гуминовыми кислотами как в условиях кислой, так и щелочной среды. Как следствие фульватного характера гумуса, в этих условиях отмечается уменьшение содержания гумуса в почве и уменьшение емкости поглощения почв.

Изменение рН почвы в большинстве случаев вызвано кислотными осадками. Образование кислотных осадков обусловило окисление в воздухе окислов азота и серы. При этом рН осадков часто достигает 3–4. Кислотные осадки характеризуются рН – интенсивным параметром, обусловленным константами диссоциации функциональных групп соединений, обуславливающих кислотность, и количеством ионов водорода в растворе – экстенсивным параметром. Кислотность атмосферных осадков, поступающих в почву, существенно меняется при их прохождении через кроны деревьев (на 0,2–0,6 ед. рН), при этом существенно увеличивается (на 10–30 мг/л) и их минерализация.

При постепенном подкислении почв за счет кислых осадков постепенно протекают следующие химические процессы:

- при рН = 5,6 происходят преимущественно реакции ионного обмена; при рН = 3,5 – реакции ионного обмена с вероятным последующим гидролизом соединений алюминия и частичное растворение гидроксидов алюминия;
- при рН = 2,5, кроме перечисленных реакций, происходит частичное разрушение алюмосиликатов и переход в раствор больших количеств алюминия, железа, марганца;
- при рН = 1,5 дополнительно наблюдается адсорбция сульфатов и протонирование органических анионов. Поступление кальция и магния в раствор после обработки почв кислыми осадками осуществляется в результате двух последовательных реакций: быстрой – обменной и медленной – трансформации решеток глинистых минералов. Однако в разных типах почв преобладающие при подкислении реакции отличаются.

Характер взаимодействия кислотных осадков с почвой зависит от преобладания в почвах органических или минеральных компонентов, рН-почв, генетических особенностей почв. В лесных подстилках подзолистых почв протон кислоты связывается с анионом угольной кислоты и органическими анионами. Способность почвенного раствора нейтрализовать кислоту может быть ориентировочно оценена по содержанию в растворе кальция, магния, калия.

Целенаправленное изменение рН почвы для достижения условно оптимального значения при выращивании той или иной культуры не всегда приводит к повышению урожайности. Например, оптимизируя рН до  $\text{pH} = 6,5-7,0$ , мы вызываем осаждение поливалентных металлов, увеличивая окислительно-восстановительный потенциал почвы, мы уменьшаем доступность для растений соединений железа и марганца.

Засоленные почвы и солонцы, как правило, обладают повышенной щелочностью. Актуальная щелочность обусловлена наличием в растворе гидролитически щелочных солей  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и др. В актуальной щелочности выделяют щелочность от нормальных карбонатов  $\text{CO}_3^{2-}$ , бикарбонатов  $\text{HCO}_3^-$ , боратов, силикатов и общую щелочность. Потенциальная щелочность обнаруживается из почв, содержащих поглощенный натрий. При содовом засолении почв почвенный поглощающий комплекс насыщается обменным натрием до 50–70 % от емкости поглощения, реакция почвенного раствора достигает  $\text{pH} = 9-11$ , теряется комковатая структура, почва становится глыбистой и плотной. По рН почвенного раствора или водной вытяжки выделяют слабощелочную реакцию среды  $\text{pH} = 7,2-7,5$ ; щелочную –  $\text{pH} = 7,6-8,5$  и сильнощелочную реакцию –  $\text{pH}$  более 8,5. Чем выше щелочность, тем в агрономическом и экологическом отношении почва хуже.

### 3.2. Материалы и реактивы

Для выполнения данной лабораторной работы необходимы:

- 1) образцы почвы (не менее 5);
- 2) дистиллированная вода;
- 3) колбы объемом 150 мл (5 шт.);
- 4) сито с диаметром отверстий 1 мм;
- 5) аналитические весы;

б) потенциометр.

### 3.3. Ход работы

Потенциометрический метод определения рН почвы базируется на определении ЭДС концентрационного элемента, величина которого зависит от концентрации ионов водорода в исследуемом растворе и температуры.

#### 3.3.1. Определение рН водной вытяжки

Водную вытяжку из почвы для измерения рН получают путем действия на навеску почвы дистиллированной водой. Величина рН водной вытяжки сказывается на росте и развитии растений, а также на направленности биохимических процессов, происходящих в почвах.

На аналитических весах взвешивают навеску в 10 г почвы, растирают и просеивают через сито с диаметром отверстий в 1 мм и переносят в колбу емкостью 100 мл. Приливают к почве 50 мл дистиллированной воды, тщательно взбалтывают в течение 5 минут и оставляют на 1 сутки. Через сутки прозрачную часть суспензии аккуратно сливают и определяют величину рН потенциометрическим методом.

#### 3.3.2. Определение рН солевой вытяжки

Солевую вытяжку получают путем действия на навеску почвы 1 н. раствором КСl при рН – 5,6. рН солевой вытяжки определяют для определения степени кислотности почвы.

На аналитических весах взвешивают 20 г почвы, просеянной через сито с диаметром отверстий в 1 мм, и переносят в колбу объемом 100 мл. К почве добавляют 50 мл 1 н. раствора КСl с рН – 5,6, тщательно перемешивают в течение 5 минут и оставляют настаиваться течение суток. Через сутки с помощью пипетки осторожно отбирают часть отстоявшегося прозрачного раствора (фильтровать не рекомендуется, так как под влиянием фильтра может измениться реакция вытяжки) и определяют величину рН потенциометрическим методом.

Данные испытаний заносятся в табл. 3.1, которая является примером оформления отчета по лабораторной работе. Количество параллельных опытов – не менее трех.

Таблица 3.1 – Результат определения рН почвы

Образец почвы	рН водной вытяжки	рН солевой вытяжки
---------------	-------------------	--------------------


### **Контрольные вопросы**

1. Какое оптимальное значение рН почвы для большинства сельскохозяйственных культур? Какие культуры требуют особенных значений рН почвы?
2. Как отличается рН почвы в зависимости от расположения на склонах?
3. Как кислотные осадки влияют на рН почвы?
4. Какие химические процессы протекают при подкислении почв за счет кислых осадков?
5. Зачем определяют рН солевой вытяжки почвы?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4**

### **Методика идентификации искусственного меда**

**Цель работы:** научиться отличать падевый мед от цветочного.

#### **4.1. Общие сведения о пчелином меде**

**Пчелиный мёд** – продукт, представляющий собой частично переваренный в зобе медоносной пчелы (*Apis mellifera*) нектар. Мёд содержит 13 – 22 % воды, 75 – 80 % углеводов (глюкоза, фруктоза, сахароза), а также в незначительных количествах витамины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, Е, К, С, каротин (провитамин А).

В состав меда входят ферменты (дистаза, инвертаза, амилаза, пероксидаза, каталаза и др.) – катализаторы обменных процессов в организме. Органические кислоты представлены молочной, яблочной, янтарной, лимонной и другими. Также в небольших дозах входят порядка 20 аминокислот. Цветочный продукт содержит до полутысячи различных соединений и веществ. Минеральные соли представлены соединениями натрия, калия, магния, кальция, фосфора; микроэлементы – солями марганца, меди, цинка, йода, кобальта, алюминия. И это далеко не полный

перечень. При этом пропорции микроэлементов по составу напоминают плазму крови.

Чтобы собрать 100 грамм сладости, пчелы-трудяги должны облететь почти миллион цветов. Такой труд требует серьезной организации, которую устроила матушка-природа, начиная с идеальной точности шестигранных сот и заканчивая сложной технологией переработки нектара.

Классифицировать мед можно по нескольким параметрам:

- а) из каких растений собран;
- б) в какой географической зоне;
- в) по внешнему виду (густота, прозрачность, цвет);
- г) по вкусовым качествам и запаху.

Чаще всего различают виды меда в зависимости от растений, с которых он собран: гречишный, липовый, подсолнечный, рапсовый и другие.

Невозможно, чтобы пчелы наносили в улей нектар, собранный, например, исключительно с липового цвета. Они обязательно будут посещать и цветы других растений. Однако липовые будут преобладать. Поэтому точно сказать, что здесь чисто липовый продукт, невозможно.

А цветочный вообще невозможно классифицировать по преобладающему медоносу – это настоящее медовое ассорти.

**Падевый мёд** – мёд, источником которого являются падь животного происхождения (сладкая клейкая жидкость на листьях растений, представляющая собой выделения живущих на листьях насекомых) или медвяная роса (сладкий сок, выступающий на листьях или хвое под влиянием резкой смены температур). В отличие от нектара, падь не содержит фитонцидов и других антибиотических веществ, предохраняющих от развития микроорганизмов. У пчёл, питающихся падью животного происхождения, продолжительность жизни снижается более чем в 2 раза, поэтому пчелы никогда не собирают падь при наличии в природе цветущих нектароносных растений. В отличие от натурального мёда, падевый содержит меньше инвертированных сахаров (моносахаридов), значительно больше дисахаридов (сахара, не переработанного пчёлами) и в три раза больше декстринов. Имеет повышенную кислотность.

Падевый мёд отличается вязкостью, тягучестью и отсутствием «медового» запаха, редко бывает светло-коричневого, чаще коричневого или тёмного цвета, иногда с зеленоватым оттенком (например, от тлей на дубе). На вкус он очень сладкий, но без специфического вкуса нектарного мёда. Также падевый мёд более гигроскопичен, чем нектарный, быстрее закисает, особенно после откачки из незапечатанных пчёлами ячеек.

**Искусственный мёд** – производят при помощи инверсии сахарозы в слабокислой среде (добавки лимонной кислоты и пр.), иногда вводят ароматизаторы мёда. Искусственный мёд производят из свекловичного или тростникового сахара, кукурузы, сока арбузов, дыни и других сахаристых веществ. Искусственный мёд не имеет ферментов и не обладает ароматом, свойственным натуральному. При добавлении к искусственному мёду хотя бы небольшого количества натурального пчелиного мёда он будет иметь слабый аромат и содержать небольшое количество ферментов. Для окрашивания мёда применяют листья чая, цветки зверобоя, шафран.

Арбузный, дынный и другие искусственные мёды готовят из мякоти овощей и фруктов. После соответствующей обработки получается доброкачественный продукт питания со сладким вкусом и приятным специфическим ароматом.

## **4.2. Материалы и реактивы**

Для выполнения лабораторной работы необходимы:

- 1) образец натурального меда;
- 2) образец падевого меда;
- 3) стеклянные палочки;
- 4) конические колбы (2 шт.);
- 5) электроплитка;
- 6) известковая вода (насыщенный раствор гидроокиси кальция);
- 7) винный спирт;
- 8) огнеупорные пробирки.

## **4.3. Ход работы**

1) **Известковая реакция.** Образцы меда растворяются в дистиллированной или чистой дождевой воде (1:1), тщательно размешиваются стеклянной палочкой до образования равномерного раствора. Растворенный мед выливают в огнеупорные пробирки на треть их высоты, доливают такое же количество известковой воды, хорошо взбалтывают и подогревают до кипения. Во время закипания пробы падевого меда в растворе выпадает осадок. Раствор цветочного меда остается прозрачным и осадка не образует.

2) **Спиртовая реакция.** К одной части растворенного в дистиллированной или чистой дождевой воде (1:1) меда вливают 10 частей винного спирта (96 %). После встряхивания при наличии пади раствор мутнеет. Цветочный мед, за исключением гречневого, мутит и осадка после отстаивания не образует.

Результаты фиксируются, и делается вывод о том, какой из образцов меда был цветочным, а какой падевым.

### **Контрольные вопросы**

1. Какой мед называется падевым?
2. Каких элементов нет в составе искусственного меда по сравнению с натуральным цветочным?
3. Как можно классифицировать мед?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5**

### **Определение натуральности меда по внешним признакам и по химической реакции на наличие фермента диастазы**

**Цель работы:** изучить методику определения натуральности меда по внешним признакам и диастазному числу.

#### **5.1. Понятие о диастазном числе**

**Диастазное число** – это основной показатель натуральности и зрелости мёда. Чем выше этот показатель, тем лучше мёд. Определяется диастазное число только в лаборатории.

Диастаза (амилаза) – фермент, способствующий разложению крахмала. В истории амилаза стала первым открытым ферментом, когда французский химик Ансельм Пайя описал в 1833 году диастазу, фермент пищеварения.

Все натуральные меда, которые хранятся с соблюдением необходимых условий, содержат ферменты. Одним из важнейших является амилаза, так как по ее количеству можно контролировать качество меда.

Помимо этого, диастаза (амилаза) является наиболее стойкой из всех ферментов меда, поэтому ее присутствие даже в незначительных количествах указывает на нарушение условий переработки и хранения меда.

Ценность мёда различается по диастазному числу – количеству ферментов диастазы (амилазы) на единицу объема. По величине диастазного числа судят о биологической активности меда как лечебного продукта, способствующего обменным процессам в организме.

Единицей измерения этой величины являются Готе, предложенные и утвержденные еще в 1914 году. Название эта единица получила по фамилии французского исследователя Goethe, который занимался определением качества и натуральности меда. Диастазная активность – это способность медового фермента разлагать за один час определенное количество растворенного в воде крахмала.

Стандартный показатель диастазного числа для Украины – 7 единиц. Число, меньшее данного показателя, позволяет считать анализируемый продукт чем угодно, но не медом. Однако современной науке известны случаи, когда из-за фальсификации или слишком большой загрязненности территории полученный продукт имел показатель в Готе равный нулю!

В теплых краях диастазное число не столь высоко, потому что и насекомым в благоприятных условиях не требуется много ферментов. Южные виды сладкого лакомства имеют диастазный показатель в районе 5–9 Готе. Южный мед с Черноморского побережья содержит уже около 18 единиц, а в северо-восточных или северных сортах это число равняется 25–45. Практически максимальный показатель последних сортов говорит о том, что для пчел суровая зима – не помеха, а своеобразный стимул для производства качественного продукта.



Немаловажным является и тот факт, что обычно в холодном климате северные растения цветут мало. Однако почти все они источают прекраснейшие, интенсивные ароматы, с которыми тяжело соревноваться южным цветам. Сладость из Бразилии, Аргентины, США, Канады – это совсем не тот полезный продукт, который производят пчелы, например, в Норвегии или Швеции. И польза его соответственно в разы меньше.

Если диастазное число меда больше 12, данный вид можно хранить больше двух лет. Чем дольше хранят мед, тем интенсивнее оно теряет фермент. За первый год хранения уходит около 30 % амилазы, а за второй – почти 50. Таким образом, южные сорта нежелательно хранить более года, и напротив северные сорта можно хранить несколько лет, с ними ничего страшного не произойдет.

## **5.2. Материалы и реактивы**

Для выполнения лабораторной работы необходимы:

- 1) натуральный цветочный мед;
- 2) искусственный (сахарный) мед;
- 3) крахмал;
- 4) водяная баня;
- 5) йод;
- 6) пробирки.

## **5.3. Ход работы**

### ***5.3.1. Определение цветочного и сахарного меда по внешним признакам***

По внешним признакам сахарный мед схож с натуральным цветочным, но имеет и некоторые отличия. Основные из них приведены ниже, именно по этим критериям отличают цветочный и сахарный мед в данной лабораторной работе:

- а) сахарный мед чаще имеет беловатый цвет, не имеет запаха цветочного меда или он слабо выражен. Нередко он имеет запах старых сот;

б) вкус сахарного меда сладкий, но пустой, пресный, не имеет терпкости натурального меда;

в) консистенция свежееоткаченного меда жидкая, через 1–2 месяца – густая, а у сахарного меда она клейкая, липкая;

г) кристаллизация салоподобная;

д) отсутствие доминирующего вкуса пыльцы одного вида растений;

е) при хранении сахарный мед закисает, бродит.

Результаты исследований по п. 5.3.1 заносят в табл. 5.1, которая является примером оформления отчета по лабораторной работе

Таблица 5.1 – Результаты анализа сахарного и цветочного меда по внешним признакам

Показатель	Образец сахарного меда	Образец натурального меда
Цвет		
Запах		
Вкус		
Консистенция		
Кристаллы		

### **5.3.2. Определение диастазного числа**

Диастазу в меде определяют по химической реакции. В пробирку наливают 10 мл водного раствора меда (1: 2) и 1 мл 1 %-ного раствора крахмала. После встряхивания помещают на 60 минут на водяную баню с температурой 45 °С. Затем после охлаждения добавляют 1–2 капли настойки йода. Если мед натуральный, то под влиянием диастаза крахмал растворяется, раствор не окрашивается. Если мед не натуральный (сахарный), то диастаза в нем отсутствует и раствор окрашивается в синий цвет.

Для определения значения диастазного числа проводят следующий опыт: в пробирку наливают 4,5 мл 10 %-ного раствора меда, добавляют 5,5 мл дистиллированной воды, 0,5 мл 0,58 %-ного раствора поваренной соли, 5 мл 1 %-ного раствора крахмала и закрывают пробкой, тщательно перемешивают, помещают в водяную баню на 1 час при температуре 40 °С. Затем пробирку следует вынуть из водяной бани, быстро охладить под струей холодной воды до комнатной температуры, добавить 1 каплю

раствора йода. Если раствор после тщательного перемешивания стал бесцветным или слабоокрашенным в жёлтый цвет, то диастазное число более 11 единиц – Готе.

После фиксации полученных данных делают вывод о качестве и происхождении представленных образцов меда.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое диастазное число?
2. Как определяется диастазное число в меде?
3. Какие значения диастазного числа свидетельствуют о ненатуральном происхождении меда?
4. Какие внешние признаки необходимо исследовать для определения происхождения меда?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6**

### **Оценка качества пчелиного меда**

**Цель работы:** изучить методики оценки качества пчелиного меда.

#### **6.1. Материалы и реактивы**

Для выполнения лабораторной работы необходимы:

- 1) пробирки;

- 2) мерные цилиндры на 10 мл;
- 3) стеклянные палочки, ложечки, шпатели;
- 4) химический карандаш;
- 5) фильтр;
- 6) бумага, воронки, предметные стекла и покровные стекла;
- 7) счетная камера;
- 8) микроскоп;
- 9) пробы меда;
- 10) дистиллированная вода;
- 11) 5 %-й раствор йода;
- 12) уксусная и соляная кислоты;
- 13) этанол;
- 14) раствор  $\text{AgNO}_3$ ;
- 15) диэтиловый эфир;
- 16) 1 %-й раствор резорцина;
- 17) раствор глицерина с желатином.

## 6.2. Ход работы

1. Определение механических примесей в меде.

В пробирку наливают 2 мл меда, добавляют 5 мл дистиллированной воды. Мед растворяется, а примеси оседают на дно или всплывают на поверхность.

2. Определение примесей муки или крахмала.

В пробирку к 2 мл меда и 5 мл дистиллированной воды добавляют раствор йода. При наличии примесей муки или крахмала раствор окрашивается в синий цвет.

3. Определение примесей мела.

К водному раствору меда добавляют несколько капель уксусной кислоты или уксуса. При наличии мела мед пенится (выделяется  $\text{CO}_2$ ).

4. Определение примеси крахмальной патоки.

К водному раствору меда (1:2 или 1:3) добавляют 96 %-й этанол. При наличии патоки раствор приобретает молочно-белый цвет, а после отстаивания на дне остается полужидкая масса декстрина. При отсутствии

патоки раствор становится прозрачным, а на границе мед-спирт образуется небольшая муть, которая при встряхивании исчезает.

5. Определение примеси сахарного сиропа.

К 10 %-ному раствору меда добавляют  $\text{AgNO}_3$  (ляпис). Появление белого осадка свидетельствует о наличии примесей.

6. Определение примеси инвертного сахара (реакция Саливанова).

К 5 г меда добавляют эфир (для связывания фруктозы). Эфирный раствор профильтровывают в фарфоровую чашку, выпаривают и к сухому остатку добавляют 1 %-й свежеприготовленный раствор резорцина в концентрированной хлоридной кислоте. Появление оранжево-вишнево-красного окрашивания свидетельствует о наличии инвертного сахара.

7. Определение влажности меда (до 21,5 % по стандарту).

Наносят каплю меда на бумагу и погружают в него химический карандаш. Если образуется чернильное пятно, то влажность меда высокая, если нет – мед хороший.

Результаты опытов заносят в табл. 6.1, которая является примером оформления отчета по лабораторной работе.

Таблица 6.1 – Результаты исследования качества цветочного меда

Показатель	Образец №1	Образец №2
Механические примеси		
Примеси муки или крахмала		
Примесь мела		
Примесь крахмальной патоки		
Примесь сахарного сиропа		
Примесь инвертного сахара		
Влажность меда		

### Контрольные вопросы

1. Какие виды примесей определяют в меде?
2. Как определяют примесь мела в меде?
3. Как определяют примесь сахара в меде?
4. Как определяют примесь муки в меде?
5. Как определяют примесь крахмала в меде?

### Список литературы

1. Агроекологія: теорія та практикум / Писаренко В.М., Писаренко П.В., Перебийніс В.І. та ін. – Полтава : «ІнтерГрафіка», 2003. – 318 с.
2. Агроэкология : учебник для вузов / В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев и др. ; под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – М. : Колос, 2000. – 536 с.

3. Злобин Ю.А. Агрофитоценология / Ю.А. Злобин. – Харьков, 1986 – 74 с.

4. Герасименко В.П. Практикум по агроэкологии : учеб. пособ. – СПб. : Издательство «Лань», 2009. – 432 с.

5. Писаренко В.М. Захист рослин: екологічно обґрунтовані структури / В.М. Писаренко, П.В. Писаренко. – Полтава : «ІнтерГрафіка», 2002. – 288 с.

## Содержание

ВСТУПЛЕНИЕ.....	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1	
Биотестирование почв сельскохозяйственного назначения.....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2	
Изучение угнетающего воздействия тяжелых металлов,	

содержащихся в почве, на рост растений.....	11
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3	
Потенциометрическое определение рН почвы.....	16
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4	
Методика идентификации искусственного меда.....	20
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5	
Определение натуральности меда по внешним признакам и по химической реакции на наличие фермента диастазы.....	23
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6	
Оценка качества пчелиного меда.....	27
Список литературы.....	30

### Навчальне видання

Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Агроекологія» для студентів спеціальності «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» всіх форм навчання, в тому числі іноземних студентів



Російською мовою

Укладач: ТИХОМИРОВА Тетяна Сергіївна

Відповідальний за випуск проф. В.П. Шапорев  
Роботу до видання рекомендував проф. Н.М. Самойленко

Редактор Л.А. Пустовойтова

План 2016 р., поз. 91

Підп. до друку 15.12.2016 р. Формат 60x84 1/16. Папір офсетний.  
Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк.  
Наклад 100 прим. Зам. № Ціна договірна

---

Видавничий центр НТУ «ХП».  
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 3657 від 24.12.2009 р.  
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

---

Друкарня «Мадрид»  
61002, м. Харків, вул. Ольмінського, 11. оф. 5