

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА БОТАНИКИ И ГЕНЕТИКИ

## ОРГАНИЗАЦИЯ ЛЕТНЕГО ПОЛЕВОГО ПРАКТИКУМА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ ПО  
ДИСЦИПЛИНАМ «ПОЧВОВЕДЕНИЕ», «ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ» ДЛЯ  
СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ «БИОЛОГИЯ», «ЭКОЛОГИЯ»  
(020201, 020801)  
Часть 2

Курган 2009

Кафедра ботаники и генетики

Дисциплины: «Почвоведение», «Экология растений»

Составили: канд. пед. наук, доцент Несговорова Н.П.  
канд. с.-х. наук Ларионова А.П.  
Савельев В.Г.

Утверждены на заседании кафедры « 18 » октября 2008 г.

Рекомендованы методическим советом университета

«27» февраля 2009 г.

## МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

С целью углубления знаний, уточнения полученных при помощи полевых методик результатов изучения природных и антропогенных комплексов, проводятся лабораторные исследования.

Для успешного планирования физиологических опытов необходимо знание анатомии растений. Даже в культурах тканей имеются нетипичные сосудистые элементы, которые ведут себя иначе, чем основная масса тканей.

Для приготовления одинаковых срезов следует пользоваться новыми лезвиями безопасной бритвы, т.к. ножницы или даже скальпель в значительной степени повреждают ткани. По возможности следует использовать прочное режущее приспособление с двумя или многими лезвиями. Лезвия можно закрепить на одинаковом расстоянии друг от друга в полой металлической трубке, на деревянном или пластиковом бруске или ластике. Прекрасную панель для нарезания представляет собой кусок парафина, т.к. на нем не тупятся лезвия. Царапины от срезов на парафине можно, быстро устранить теплым (но не горячим) столовым ножом шпателем.

### **Работа 1. Определение актуальной и обменной кислотности почвы**

Определение кислотности почвы чаще всего проводят потенциометрическим и колориметрическим, или цветным методом по шкале Н.И.Алямовского. Изучение кислотности почвенного раствора мы проводим с использованием преобразователя ионометрического И-500.

#### **ХОД РАБОТЫ**

1. Из смешанного образца отвесить 10 г почвы и насыпать в коническую колбу вместимостью 100 мл.
2. Прилить к почве 25 мл 1М р-ра KCl (если определяют обменную кислотность), 50 мл дистиллированной воды (если определяют актуальную кислотность).
3. Закрыть колбу чистой пробкой и хорошо взболтать в течение 5 мин.
4. Дать жидкости хорошо отстояться до полного осветления в течение 18-24 часов.
5. Перенести пипеткой 25 мл прозрачной почвенной вытяжки в химический стакан.
6. Определение кислотности почвенного раствора с использованием преобразователя ионометрического И-500.

### **Работа 2. Качественное определение легко- и среднерастворимых форм некоторых химических элементов почвы**

Легко- и среднерастворимые соединения почвы имеют исключительно важное значение для почвообразования. Состав и количество именно этих наиболее подвижных в химическом отношении соединений определяют в первую очередь питание растений и оказывают существенное влияние на плодородие почвы. Содержание в верхней части почвенного профиля

легкорастворимых солей в количестве, превышающем 0,2 %, свидетельствует о засоленности почвы, при содержании легкорастворимых солей в количестве более 1% почвы относятся к солончакам. Засоленные почвы, не подвергшиеся специальным мелиоративным мероприятиям, малопригодны для производственного использования. Отрицательное влияние легко- и среднерастворимых солей на плодородие почвы неодинаково. Наиболее вредна для растений сода ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), хлориды ( $\text{NaCl}$ , особенно  $\text{MgCl}_2$  и  $\text{CaCl}_2$ ) и сульфат натрия ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). Легкорастворимые соединения, повышающие плодородие почв – это нитраты. Из среднерастворимых соединений безвредными солями являются карбонаты кальция и магния, а также сульфат кальция – гипс. Вредное влияние на растения оказывают гидраты закиси железа, гидраты окиси безвредны.

**Задание 1.** Качественное определение содержания карбонатов.

Из образца берут небольшое количество почвы, перенося в фарфоровую чашку. На почву из пипетки капают несколько капель 10 % - й соляной кислоты. При наличии карбонатов имеет место реакция:



Образующийся при реакции углекислый газ выделяется в виде пузырьков (почва «шипит»). Кислоту добавляют до прекращения выделения пузырьков. По интенсивности выделения углекислого газа и по количеству израсходованной соляной кислоты судят о более или менее значительном содержании карбонатов.

**Задание 2.** Определение легкорастворимых соединений.

*Качественный анализ водной вытяжки:*

1. Из подготовленной к анализу почвы взять навеску 25 г (на технических весах) и перенести в колбу на 200 мл.
2. Залить навеску 50 мл дистиллированной воды.
3. Колбу взболтать несколько раз и содержимое отстоять в течение 5-10 мин.
4. Отфильтровать вытяжку с бумажным фильтром.
5. Прodelать некоторые определения.

*Качественное определение хлоридов:*

1. Поместить 1 мл фильтрата в пробирку.
2. Добавить несколько капель 10%-го раствора азотной кислоты. По каплям прибавить 1%-ый раствор перманганата калия, в отверстие пробирки поместить йодкрахмальную бумажку. Нагревать пробирку на спиртовке до кипения. При наличии хлоридов бумажка посинеет.

По интенсивности посинения бумажки судят о количестве хлоридов в почвенном растворе.

3. Записать в таблицу результаты, указав присутствие какого – либо компонента знаком (+), а отсутствие знаком (-).

**Качественное определение сульфатов:**

1. 5 мл вытяжки поместить в пробирку.
2. Добавить несколько капель концентрированной соляной кислоты и 2-3 мл 20%-го раствора хлорида бария.

3. Нагреть раствор до кипения. При наличии сульфатов происходит реакция:  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{NaCl} + \text{BaSO}_4$ .

Сульфат бария выпадает в виде белого мелкокристаллического осадка. Образование ясно видимого белого осадка свидетельствует о содержании сульфатов в количестве нескольких десятков % и более сильная белая муть указывает на содержание сульфатов в количестве сотых долей %. Слабая муть заметна лишь на черном фоне, получается при содержании сульфатов в количестве тысячных долей.

4. Записать результаты в таблицу:

| № | Название почвы | Номер разреза, горизонт, глубина взятие образца | Содержание хлоридов      |                            |                            |
|---|----------------|---|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
|   |                |   | Бумажка синяя<br>1-0, n% | Сильное посинение<br>0,0n% | Слабое посинение<br>0,00n% |
|   |                |   |                          |                            |                            |

| № | Название почвы | Номер разреза, горизонт, глубина взятие образца | Содержание сульфатов    |                       |                       |
|---|----------------|---|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
|   |                |   | Белый осадок<br>1-0, n% | Сильная муть<br>0,0n% | Слабая муть<br>0,00n% |
|   |                |   |                         |                       |                       |

#### Качественное определение нитратов:

- 5 мл водной вытяжки поместить в пробирку.
- Прибавить по каплям раствор дифениламина в серной кислоте. При наличии нитратов раствор окрашивается в синий цвет.
- Записать результат.

| № | Название почвы | Номер разреза, горизонт, глубина взятие образца | Наличие нитратов |     |
|---|----------------|---|------------------|-----|
|   |                |   | есть             | нет |
|   |                |   |                  |     |

#### Качественное определение кальция:

- 10 мл фильтрата водной вытяжки поместить в пробирку.
- Подкислить 1-2 каплями 10%-й раствор соляной кислоты и добавить 5 мл 4 %-го раствора щавелевокислого аммония (оксалата аммония). При наличии кальция протекает реакция:  
 $\text{CaCl}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{NH}_4\text{Cl}$

Выпадающий белый осадок щавелевокислого кальция свидетельствует о содержании кальция в количестве десятых долей и единиц %. При содержании кальция в количестве сотых и тысячных долей % наблюдается не осадок, а легкое помутнение раствора.

- Записать результат в таблицу.

| № | Название почвы | Номер разреза, горизонт, глубина взятие образца | Содержание кальция     |                                       |
|---|----------------|---|------------------------|---------------------------------------|
|   |                |   | Осадок<br>n – 0,n<br>% | Легкое помутнение раствора 0,n – 0,0n |
|   |                |   |                        |                                       |

### Определение среднерастворимых соединений

Качественный анализ солянокислой вытяжки:

1. Навеску почвы 25 г поместить в колбу на 200 мл.
2. Залить навеску 50 мл 10 %-го раствора соляной кислоты.
3. Содержимое колбы несколько раз взболтать на протяжении 30 мин, отстоять 5 мин.
4. Отфильтровать через бумажный фильтр.
5. Прodelать ряд операций.

### Качественное определение закисного и окисного железа:

1. Поместить в две фарфоровые чашки 5-6 мл солянокислой вытяжки.
2. В первую чашку бросить кристаллик красной кровяной соли. Появляющееся синеватое окрашивание (образование турбулентной кислоты сини) указывает на присутствие закисного железа.
3. Во вторую чашку добавить несколько капель 10%-го раствора роданистого калия. При наличии окисного железа раствор окрашивается в красный цвет. По интенсивности окрашивания можно судить о количестве окисного железа.

### Качественное определение сульфатов и кальция:

1. Поместить в пробирку 5 мл фильтрата и провести определение сульфатов, как указано выше.
2. Поместить в пробирку 10 мл фильтрата и провести качественное определение сульфатов, как указано выше.

Все полученные результаты поместить в сводную таблицу:

| Название почвы | Номер разреза, горизонт, глубина взятия образца | Карбонаты (по вскип) | Водная вытяжка  |                               |                               |                  | Солянокислая вытяжка |                  |                               |                  |
|----------------|---|----------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|----------------------|------------------|-------------------------------|------------------|
|                |   |                      | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Fe <sup>2+</sup>     | Fe <sup>3+</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | Ca <sup>2+</sup> |
|                |   |                      |                 |                               |                               |                  |                      |                  |                               |                  |

**ОБОРУДОВАНИЕ:** технические весы, фильтры, стеклянные палочки, колбы, пробирки, фарфоровые чашки.

**РЕАКТИВЫ:** 10%-я азотная кислота, 0,1%-й раствор перманганата калия, йодкрахмальная бумага, 10%-я соляная кислота, 20%-ый раствор хлорида бария, раствор дифениламина в серной кислоте, 4%-й раствор щавелевокислого аммония, красная кровяная соль, 10%-й раствор роданистого калия.

### **Работа 3. Определение содержания хлорофилла в листьях в зависимости от различных внешних условий колориметрическим методом**

**Материалы и оборудование:** 1) колориметр Дюбоска (с небольшими цилиндрами); 2) мерные колбочки на  $10\text{ см}^3$ ; 3) пипетка; 4) воронка; 5) ножницы; 6) ступка; 7) фильтровальная бумага; 8) этиловый спирт; 9) бюксы; 10) сушильный шкаф.

**Цель работы:** обнаружить влияние различных внешних условий среды на количество хлорофилла в листьях растений.

**Ход работы.** Для работы можно использовать листья растений различных вариантов полевого опыта, которые и на глаз сильно отличаются по интенсивности зеленой окраски. Для анализа берут листья одинакового возраста с одного яруса.

Навеску листьев около  $0,5\text{ г}$ , отвешенную на технических или торсионных весах, мелко нарезают ножницами и растирают в ступке до кашицеобразного состояния. Затем к ней понемногу приливают этиловый спирт так, чтобы общее количество его не превышало  $5\text{ мл}$  ( $\text{см}^3$ ). Далее раствор фильтруют в колбочку емкостью  $10\text{ см}^3$ . На фильтр переносят и всю растертую массу, которую вместе с фильтром промывают спиртом, прибавляемым из пипетки по каплям до совершенного исчезновения зеленой окраски. Раствор в колбочке доводят до метки, взбалтывают и переносят в правый цилиндр колориметра.

Колориметрический метод определения концентрации хлорофилла, как и всякий колориметрический метод, основан на сравнении интенсивности окраски двух растворов. Концентрация одного из растворов при этом должна быть известна.

В качестве стандартного раствора для определения концентрации хлорофилла можно использовать кристаллический хлорофилл в спирте, а искусственным раствором, соответствующим по окраске хлорофиллу. Для получения искусственного стандартного раствора готовят два раствора: 1) медного купороса ( $1\text{ г CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  растворяют в воде в мерной колбочке и доводят объем до  $100\text{ мл}$ ) и 2) двуххромовокислого калия ( $2\text{ г K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  растворяют в  $100\text{ мл}$  воды) и смешивают  $28,5\text{ мл}$  первого раствора с  $50\text{ мл}$  второго.

К полученному раствору осторожно добавляют аммиак ( $2\text{ н}$ ) до получения ярко-зеленой окраски. Полученный раствор по интенсивности зеленой окраски соответствует содержанию  $85\text{ мг}$  хлорофилла в  $1\text{ л}$  раствора.

Этот раствор — образцовый — наливают в левый цилиндр колориметра.

Работать с колориметром нужно на рассеянном свете. Перед работой устанавливают одинаковую освещенность обеих половинок поля зрения в окуляре колориметра. Это достигается движением белых фарфоровых пластинок, размещенных под цилиндрами и отражающих лучи света. Далее устанавливают при помощи кремальеры высоту столба образцового раствора в левом цилиндре по интенсивности окраски, хорошо различаемой глазом. Высота записывается по шкале колориметра.

Смотря в окуляр, установленный так, чтобы хорошо была видна линия раздела двух половинок поля зрения, вращают правым винтом кремальеры до тех пор, пока не исчезнет различие в окраске обоих растворов. Отмечают по шкале высоту столба правого раствора. При одинаковой окраске в колориметре растворов при постоянной высоте образцового раствора высота столба испытуемого раствора будет тем больше, чем слабее его концентрация против концентрации образцового раствора и наоборот.

Обозначая концентрацию образцового раствора буквой  $C$  (85 мг), концентрацию испытуемого раствора -  $C_1$ , а высоту столба раствора соответственно  $H$  и  $H_1$ , имеем:  $C_1 \times H_1 = C \times H$ . Отсюда  $C_1$  — концентрация хлорофилла в 1 л испытуемого раствора равна  $C_1 = C \times H / H_1$

Соответственно в 10 мл количество хлорофилла будет равно

$$C_1 \times H_1 / 100$$

Найденное количество хлорофилла в 10 мл спиртового раствора и будет равно его содержанию во взятой навеске. Содержание хлорофилла в испытуемом материале выражают в процентах к сырой или сухой массе навески.

В последнем случае определяют содержание воды во взятом для анализа веществе. Для этого одновременно с взятием навески для определения содержания хлорофилла берут вторую навеску листьев для определения в ней воды путем высушивания до постоянной массы в сушильном шкафу при +100 - +105° С. Высушивание ведется в сушильных стаканчиках (бюксах). Все взвешивание проводят на аналитических весах.

Узнав процентное содержание воды в исследуемом материале, рассчитывают количество ее в навеске, взятой для определения хлорофилла. Найдя это количество воды и вычитая его из свежей массы навески, находят содержание сухих веществ в навеске.

Таблица 1

**Содержание хлорофилла в листьях**

| Вариант | Навеска | Содержание воды (%) | Навеска сухого в-ва | Содержание хлорофилла в навеске (мг) | Содержание хлорофилла (%) |
|---------|---------|---------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------|
|         |         |                     |                     |                                      |                           |

**Работа 4. Сравнение транспирации верхней и сторон листа у растений разных групп методом Шталя (хлоркобальтовая проба).**

Метод хлоркобальтовой пробы основан на изменении цвета фильтровальной бумаги, пропитанной хлоридом кобальта, при поглощении ею паров воды, испаряемых поверхностью листа времени, по необходимому для перехода окраски хлоркобальтовой бумаги из голубой (цвет сухого  $CoCl_2$ ) в розовую (цвет  $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ ), судят о транспирации растений.



Хлоркобальтовый метод определения транспирации листьев, не отделенных от растения, в полевых условиях ограничен сравнительными опытами, т.к. не позволяет определять абсолютные величины интенсивности транспирации.

**Цель исследования:** изучить интенсивность транспирации на верхней и нижней сторонах листа у растений разных экологических групп и определить ее особенности.

**Объекты исследования:** гигрофиты, мезофиты, суккуленты.

**Оборудование:** хлоркобальтовая бумага, большие канцелярские скрепки или бельевые прищепки, препаровальные иглы, микроскоп, сушильный шкаф, лезвие безопасной бритвы.

**Приготовление хлоркобальтовой бумаги.** Берут равномерную по толщине фильтровальную бумагу или обеззоленные тонкие фильтры и намачивают в кювете с раствором хлорида кобальта, приготовленного по Камерлингу (в 100 мл воды растворяют 6,7 Co(NO<sub>3</sub>) и 2,64 г NaCl), в течение минуты, а затем высушивают в подвешенном состоянии на стеклянных палочках до появления равномерного голубого цвета.

**Схема исследования:** накладывают хлоркобальтовую бумагу на листья растений разных экологических групп.

**Методика исследования.** Из предметных стекол или других легких пластин (2x5 или 4x4 см) готовят папочки с помощью скотча, в которых помещают вкладыши из кобальтовой бумаги, равные контуру папки. В дальнейшем папочки с вкладышем закрепляют на листе растения так, чтобы лист был внутри вкладыша.

Для прикрепления к листу папочки используют прищепки, большие канцелярские скрепки или резиновые кольца.

Таблица 2

**Интенсивность транспирации сторон листа у растений разных экологических групп**

| Вариант опыта           | Время наблюдения |             | Время, за которое порозовела бумага, мин. | Количество устьиц в поле зрения микроскопа |         |
|-------------------------|------------------|-------------|---|--|---------|
|                         | начало опыта     | конец опыта |   | отдельные подсчеты                         | среднее |
| Растения, сторона листа |                  |             |   | I.<br>2.                                   |         |

По окончании опыта с помощью микроскопа исследуют эпидермис верхней и нижней сторон листа, подсчитывают количество устьиц в поле зрения. Для этого просматривают по 3-5 полей зрения на трех препаратах каждого варианта и вычисляют среднее.

Зарисовывают эпидермис верхней и нижней сторон листа. Делают выводы о причинах различной интенсивности испарения верхней и нижней сторон листа данного растения и о соотношении между устьичной и кутикулярной транспирацией. Результаты исследования заносятся в табл.2.

На основе результатов исследования делают заключение и выводы.

**Работа 5. Определение периодичности роста побегов у древесных видов растений в зависимости от освещения.**

Рост побега происходит неравномерно. Вначале наблюдается медленный рост, затем он ускоряется, достигает максимума и, наконец, снова замедляется и прекращается.

Таким образом, наблюдается периодичность роста побега, которая характеризуется законом большого периода роста.

Периодичность роста побегов проявляется в том, что междоузлия, образующиеся по мере нарастания побега, имеют неодинаковую длину. В большинстве случаев длина их увеличивается от основания к середине, где достигает максимума, а к верхушке побега опять уменьшается.

Цель исследования : **определить интенсивность и периодичность роста древесных побегов в зависимости от освещенности**

**Объекты исследования** - однолетние побеги древесных культур (клена, тополя, черемухи), произрастающие в разных условиях освещения - в тени и при хорошем освещении. **Оборудование** - секатор, линейка.

**Схема исследования:**

1. Определить интенсивность и периодичность роста однолетних побегов на хорошем освещении.
2. Определить интенсивность и периодичность роста однолетних побегов в тени – при недостаточном освещении.

**Методика исследования.** Измеряют линейкой длину междоузлий однолетнего побега древесной породы и результаты исследований заносят в табл. 3.

Таблица 3

**Длина междоузлий однолетних побегов и разных видов древесных растений в зависимости от освещенности**

| Длина междоузлий побега | Номер междоузлия от основания побега |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|-------------------------|--------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
|                         | 1                                    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| тополя                  |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| клена                   |                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |

На основании полученных результатов строят кривые роста междоузлий и роста побега. По ординате откладывают длину междоузлий и длину побега, по

абсциссе - номера междоузлий, считая от основания побега. Делают вывод о периодичности роста побега.

### **Работа 6. Влияние засоления на степень «выцветания» хлорофилла**

При ухудшении водоснабжения растений под воздействием солей происходит деструкция хлоропластов, нарушается синтез хлорофилла, снижается интенсивность ростовых процессов.

**Цель работы:** показать влияние высоких концентраций солей на рост растений и разрушение хлорофилла в листьях.

**Материалы и оборудование:** химические стаканы, лезвия, 4%й раствор NaCl или Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, линейки.

**Растения:** побеги березы, клена и т.д.

#### **Ход работы.**

Берут не закончившие рост побеги березы, клена и других растений. Их проксимальные концы подрезают под водой. Измеряют длину побегов, подсчитывают число листьев, измеряют длину верхних, растущих, листьев. Побеги помещают в пять сосудов: один с чистой водой (контрольный вариант) и четыре с раствором NaCl (или Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) разной концентрации: 2,5%-, 5%-, 10%-, 15%-е.

Банки с побегами на семь дней помещают в условия рассеянного освещения. На третьи и седьмые сутки учитывают изменения в окраске листьев, измеряют длину побега (обращая внимание на удлинение верхних междоузлий) и длину взятых под наблюдение верхних листьев, отмечают возможное появление новых листьев при продолжающемся росте побега за счет развертывания верхушечной почки.

Под влиянием солей, поступающих в листья, возможно разрушение хлорофилла. При сравнении с контрольным вариантом листья становятся менее зелеными (происходит их выцветание).

Кроме того, на листьях появляются «солевые пятна», площадь которых со временем увеличивается.

**Задание:** описать ход работы, сделать рисунки листьев на третий и седьмой дни опыта, описать состояние побегов; сформулировать выводы о влиянии засоления на интенсивность ростовых процессов и степень разрушения хлорофилла в листьях.

## **УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ К ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ**

### **Работа 7. Определение устойчивости тканей листьев растений к высоким температурам**

Устойчивость растений — это их способность адаптироваться к неблагоприятным воздействиям внешней среды, сохраняя стабильность всех физиологических процессов. Чем меньше отклонение какого-либо процесса или реакции от нормы в результате воздействия экстремального фактора и чем

быстрее они возвращаются к норме, тем выше устойчивость растений. Механизмы достижения устойчивости у них различны и могут работать как на генетическом, так и на физиолого-биохимическом и морфологическом уровнях.

При экстремальных воздействиях на ткани, например, при повышении температуры, мембраны клетки, в том числе и мембраны хлоропластов, теряют свойство полупроницаемости. Вследствие этого ионы водорода, присутствующие в клетке, замещают ион Mg в молекуле хлорофилла, который превращается в феофитин, имеющий бурый цвет. Чем больше хлорофиллоносных клеток повреждено, тем большая площадь листа буреет.

**Цель работы:** сравнить устойчивость органов разных растений к высоким температурам.

**Материалы и оборудование:** водяная баня, плитка, термометр, кристаллизаторы, белая пластиковая пластина, 0,2 М раствор HCl.

**Растения** разных экологических групп, листья разных ярусов.

**Ход работы.**

В водяной бане поддерживают температуру 40°C. В воду опускают листья растений, взятых для опыта. Предварительно к их черешкам прикрепляют этикетки с указанием максимальной температуры, при которой эти листья будут выдерживаться. Первую пробу извлекают из бани через 30 мин и временно переносят в кристаллизатор с водой комнатной температуры. Затем температуру в бане поднимают на 5°C.

Через 10 мин из нее извлекают вторую пробу листьев, их также переносят в кристаллизатор с водой. Постепенно температуру воды в бане доводят до 60 °С, забирая пробы каждые 10 мин после увеличения температуры в бане на каждые 5 °С. Затем листья извлекают из воды комнатной температуры и заливают раствором 0,2М HCl, в котором листья приобретают бурую окраску (если у растений клеточный сок кислый, то листья буреют уже в воде).

Время пребывания в кислоте должно быть одинаковым для всех листьев.

Через 10-20 мин листья извлекают из раствора соляной кислоты, переносят в воду, промывают и раскладывают на белой пластиковой пластине в порядке увеличения площади бурой окраски.

**Задание:** сравнить степень повреждения листьев при разной температуре у разных растений. Листья зарисовать и раскрасить поврежденные участки. Сделать выводы.

## **Работа 8. Диагностика заболеваний растений при голодании по элементам минерального питания**

Внимательное изучение признаков голодания у растений парка, леса, окрестных полей поможет сделать вывод о дефиците тех или иных элементов в данном районе и дать сведения о состоянии почв и рекомендации о внесении недостающих удобрений под культурные растения.

**Материалы и оборудование:** больные листья и побеги растений сада, огорода, поля, леса, пустырей и т.д. в период вегетации.

**Цель работы:** познакомить с признаками голодания по отдельным элементам минерального питания у культивируемых и дикорастущих растений.

**Ход работы.**

Заранее собирают больные листья и поврежденные побеги различных растений. С помощью преподавателя и с использованием имеющихся атласов, книг, пособий в табл. 5 ставят диагноз заболевания растений. Данные вносят в таблицу.

Таблица 5

**Установление диагноза заболевания по признакам голодания растений**

| Вид растения и место обитания | Орган (побег, лист: верхний, нижний) | Описание признаков голодания | Рисунок | Диагноз | Способы устранения заболевания |
|-------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|---------|---------|--------------------------------|
|                               |                                      |                              |         |         |                                |

**Задание:** заполнить табл. 5; сделать рисунки; отметить расположение больных листьев на побеге (верхние, нижние); сделать выводы о типичных видах голодания у растений огорода, сада, леса, поля данного района.

Таблица 6

**Признаки заболеваний растений при голодании по элементам питания**

| Элемент | Симптомы недостаточности  |
|---------|---|
| N       | Слабый рост, карликовость, склероморфизм. Отношение побеги / корни сдвинуто в пользу корней. Преждевременное пожелтение более старых листьев, их некротические концы  |
| P       | Задержка цветения, отсутствие роста, фиолетовая окраска листьев и стеблей, тенденция к скручиванию и перевертыванию листьев   |
| K       | Белые и бурые пятна, рваный край листа, дырки, отверстия в листе, краевой ожог листьев (запал). По мере возрастания дефицита элемента повреждения увеличиваются   |
| S       | Сходны с симптомами азотной недостаточности. Отставание в росте растений. Листья от бледно-зеленой до кремовой и желтой окраски. При голодании по сере отсутствует характерный признак азотистого голодания — общее пожелтение всего растения |

|    |  |
|----|--|
| Mg | Белые или желтые пятна на листьях сливаются, лист буреет и отмирает. При глубоком дефиците листья узкие, по цвету — красные, оранжевые, пурпурные. Наблюдается слабый рост и межжилковый хлороз старых листьев                         |
| Ca | Гофрированные, сморщенные листья с некротическими зонами. Отсутствие верхушечных почек. Нарушение роста связанного с делением и растяжением клеток   |
| Fe | Бледно-желтая окраска ткани листьев между жилками у молодых листьев, жилки остаются зелеными. Хлороз. Малая мощность растения, неурожай. Старые листья поражаются позже сходным образом  |
| Mn | Однородная желтизна старых и молодых листьев, а также верхушечной почки. Межжилкового хлороза на поздних стадиях нет. На ранних — имеется угнетение роста и межжилковый хлороз   |
| B  | Отмирание верхушечных почек, закрученные, деформированные листья; черная гниль у корнеплодов свеклы, моркови; полые кочерыжки капусты  |
| Zn | Ярко-желтая окраска всей поверхности листьев и зеленый цвет жилок. Желтые полосы на листьях злаков. Мелколистность верхушечных побегов. «Розеточность», «желтуха», «мелколистность», «пятнистость листьев» — так называется дефицит Яп |
| Cu | Бледно-желтая окраска листьев или полосатые закрученные листья. Вдоль краев листьев хлороз с последующим некрозом  |
| Mo | Узкие, длинные, скрученные листья, выемки на листовой пластинке, хлороз сложных листьев, включая черешок   |
| Na | Растения не испытывают недостатка. Избыток проявляется в виде неоднородной пестроты, некроза верхушек листьев, краев и тканей между жилками  |
| Cl | Из видимых симптомов — увядание растений, остальные симптомы специфичны для отдельных видов растений. Дефицит встречается редко  |

### Работа 9. Обнаружение нитратов в растениях

Попадание большой дозы нитратов в организм грозит острым отравлением. Нередки отравления дынями, арбузами и другими продуктами с повышенным содержанием нитратов; возможно отравление питьевой водой за счет попадания повышенного количества удобрений в водные источники.

По данным Министерства здравоохранения РФ, предельно допустимая доза нитратов для взрослого человека в сутки составляет 500 мг, токсичная —

600 мг, для грудного ребенка доза в 10 мг может быть смертельной. Соли азотной и азотистой кислот, поглощаемые корнями из почвы, восстанавливаются в растении до аммиака, который используется для синтеза аминокислот и других соединений. Для восстановления нитратов требуется АТФ, образующаяся в процессе окислительного или фотосинтетического фосфорилирования.

При достаточном содержании растворимых углеводов и высокой активности соответствующих ферментов перечисленные биохимические процессы происходят в клетках корня. Однако при неблагоприятных условиях часть нитратов может пройти через паренхиму коры корня в неизменном виде. В этом случае нитраты попадают в сосуды ксилемы и поднимаются с восходящим током к листьям, где и происходит их восстановление.

Определение содержания нитратов в соке, отжатом из стеблей, черешков и пластинок листа, позволяет судить о восстановлении нитратов в корнях: чем меньше в них обнаруживается нитрат-ионов, тем активнее происходит этот процесс в клетках корня. Сопоставление содержания нитратов в различных органах растения, например, в черешках, пластинках листа, корнях, дает представление о нитратредуктазной активности этих органов.

Для обнаружения нитратов можно использовать реактив с дифениламином, который в присутствии иона  $\text{NO}_3$  дает синюю окраску. По интенсивности посинения можно судить о количестве нитратов в исследуемом объекте.

Малое количество нитратов в начале вегетации растений означает недостаток азотного питания. Такое же малое количество их в фазе цветения является нормой и не требует подкормки растений.

**Цель работы:** познакомиться с простым и доступным способом определения нитратов в растительном сырье и грамотно оценить их количество. Это необходимо для определения дозы внесения азотных удобрений в период вегетации растений, а также для изучения того, как локализованы нитраты в различных частях и органах растения, и оценки их количества в пищевых продуктах.

**Материалы и оборудование:** раствор  $\text{KNO}_3$  или  $\text{NaNO}_3$  в концентрациях, мг/л: 1000, 900, 800, 700, 600, 500, 400, 300, 200, 100, 50, 10 в небольших склянках; 1%-й раствор дифениламина в концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в капельнице (хранить в темноте на подставке), пинцет, стеклянные палочки, плоские белые фарфоровые тарелки, кусок стекла, фломастер, цветные карандаши, фильтровальная бумага, ножницы, нож, скальпель, бритва.

**Растения:** любые дикорастущие растения, произрастающие в разных экологических условиях; культурные растения, выращенные на разных питательных средах, любые овощи, фрукты, зелень.

#### **Ход работы.**

На белую фарфоровую поверхность тарелки или стеклянной пластинки наносят капли контрольных растворов  $\text{KNO}_3$  или  $\text{NaNO}_3$  и добавляют одну

каплю дифениламина. Заполняют концентрационную шкалу окраски, соответствующую определенному содержанию нитратов (табл.7).

Таблица 7

**Шкала для определения нитратов в срезах и соке растений  
(по Церлинг)**

| Балл | Окраска среза или сока                   | Необходимость в азотных удобрениях |                    |
|------|--|------------------------------------|--------------------|
|      |  | В начале вегетации                 | В фазу цветения    |
| 0    | Нет окраски                              | Очень сильная (60 кг/га)           | Средняя (30 кг/га) |
| 1    | Бледно-голубая, быстро исчезает          | Сильная (60 кг/га)                 | Слабая (30 кг/га)  |
| 2    | Голубая проводящих сосудов               | Средняя (30 кг/га)                 | Не нуждаются       |
| 3    | Голубая, исчезает через 2-3 мин          | Слабая (30 кг/га)                  | Не нуждаются       |
| 4    | Синяя, сохраняется несколько минут       | -                                  | Не нуждаются       |
| 5    | Темно-синяя, сохраняется некоторое время | Не нуждаются                       | Не нуждаются       |
| 6    | Темно-синяя, устойчивая                  | Избыток нитратов                   |                    |

С помощью этой шкалы количественно оценивают содержание нитратов в растительном материале, сравнивая с ней по цвету опытную пробу.

Взятые для исследования плоды, клубни, корнеплоды, луковицы и т.д. раскладывают на столе, отделяют ткани и части органов для анализа. Сок отжимают на поверхность стекла, под которым лежит лист белой бумаги, или на поверхность тарелки с помощью пинцета или стеклянной палочки. Образцы подписывают фломастером. Одновременно острой бритвой делают срезы изучаемой ткани, органа. На срез и выжатую порцию сока переносят каплю дифениламина. Оценивают количество нитратов согласно данным концентрационной шкалы окраски, заносят результаты по их содержанию в табл. 8. Смывая по окончании работы ткани и сок, необходимо помнить о



свойствах концентрированной серной кислоты оставлять ожоги при попадании на кожу.

Таблица 8

**Концентрационная шкала окраски на нитраты**

| Концентрация $\text{NaNO}_3$ , мг/л | Изображение цвета | Описание цвета |
|-------------------------------------|-------------------|----------------|
| 1                                   | 2                 | 3              |
| 10                                  |                   |                |
| 50                                  |                   |                |
| 100                                 |                   |                |
| 200                                 |                   |                |
| 300                                 |                   |                |
| 400                                 |                   |                |
| 500                                 |                   |                |
| 600                                 |                   |                |
| 700                                 |                   |                |
| 800                                 |                   |                |
| 900                                 |                   |                |
| 1000                                |                   |                |

**Задание:** в таблицу, оформленную по вышеприведенному образцу, записать результаты анализа тканей и органов исследуемых растений с учетом условий их произрастания. Сделать вывод о возможности употребления этих растений в пищу и о необходимости внесения азотных удобрений в фазе вегетации.

Таблица 9

**Содержание нитратов в растениях**

| Вид растения | Условия выращивания | Окраска |      | Количество $\text{NO}_3^-$ мг/кг |        | Допустимое количество продукта, г в сутки для человека | Необходимость внесения азотистых удобрений до цветения |
|--------------|---------------------|---------|------|----------------------------------|--------|--|--|
|              |                     | среза   | сока | В срезе                          | В соке |  |  |
|              |                     |         |      |                                  |        |  |  |
|              |                     |         |      |                                  |        |  |  |

## БИОМОНИТОРИНГ, БИОИНДИКАЦИЯ

### Работа 10. Уклоняющиеся типы питания растений

**Цель работы:** изучение типов питания растений в природе.

**Материалы и оборудование:** принадлежности для гербаризации растений, фиксирующие жидкости (спирт, формалин), лупа, небольшие склянки с пригнанными пробками.

**Методика проведения работы.** Растения нужно найти в природной обстановке, кратко описать условия их обитания, провести морфологическое описание и систематическое определение, сделать зарисовки, растения загербаризировать или законсервировать.

*а) растения, сожительство с клубеньковыми бактериями:* клевер ползучий (*Trifolium repens*), люпин (*Lupinus*), чину (*Lathyrus*), мышинный горошек (*Vicia cracca*), астрагал (*Astragalus danicum*), ольха клейкая (*Alnus glutinosa*).

Растения выкопать с корнями и осторожно отмыть от земли. Пользуясь лупой или малым увеличением микроскопа, изучить и зарисовать форму клубеньков, определить количество активных и неактивных клубеньков на корнях найденных растений.

Активные клубеньки — упругие, выполненные, имеют окраску светло-желтую или розовато-желтую; бактериальная ткань светлая. Неактивные клубеньки — суховатые, морщинистые; имеют более темную окраску; бактериальная ткань коричневая. Для определения окраски бактериальной ткани сделать поперечный срез клубенька скальпелем и рассмотреть его в лупу или микроскоп под малым увеличением.

Растения загербаризировать обязательно с корневой системой.

*б) растения, сожительство с грибами:* ель (*Picea excelsa*), береза (*Betula verrucosa*), дуб (*Quercus robur*), вереск (*Calluna vulgaris*). Осторожно выкопать в лесу молодые растения, корни отмыть от земли. Пользуясь лупой или микроскопом, рассмотреть и зарисовать в дневнике корни этих растений с микоризой.

*в) Растения-сапрофиты* — подъельник (*Monotropa hypopittys*).

Подъельник надо искать в августе - сентябре в еловых или смешанных лесах с преобладанием ели. Растение зарисовать и загербаризировать.

*г) растения-полупаразиты:* погребок (*Rhinanthus major*), очанка (*Enphrasia*), мытник (*Pedicularis palustris*), марьянник (*Melampyrum pratense*).

Растения-полупаразиты откопать вместе с рядом растущими растениями других видов. При осторожном отмывании корневой системы можно сохранить связь корней растений-полупаразитов с корнями растений-хозяев. Зарисовать корни-присоски этих растений. Загербаризировать вместе с растениями-хозяевами.

*д) растения-паразиты:* повилика (*Cuscuta europaea*). Повилику можно найти в августе в тенистых местах по берегам речек, на сырых лугах, а иногда и на культурных полях на льне или клевере. Зарисовать в дневнике органы этого

растения, пользуясь лупой. Загербаризировать его вместе с растением-хозяином.

*е) насекомоядные растения:* росянка (*Drosera rotundifolia*), пузырчатка (*Utricularia vulgaris*).

Росянку можно найти на торфяном болоте в августе- сентябре. Ее надо осторожно откопать из толщи мха со всеми погребенными во мхе органами. По ежегодным приростам можно определить, сколько лет растению. Зарисовать листья. Растения загербаризировать.

В те же сроки в медленно текущих и зарастающих речках, прудах, озерах и болотных карьерах можно найти пузырчатку. Рассмотреть в лупу ее листья, зарисовать ловчие пузырьки и загербаризировать.

*Контрольные вопросы:*

1. Типы питания в растительном мире и исторические эволюционные связи между ними.

2. Общая характеристика хемосинтеза, биология и физиология нитрифицирующих бактерий, их значение для плодородия почвы.

3. Виды бактериальных удобрений и способы их внесения.

## МЕТОДЫ БИОИНДИКАЦИИ

### Работа 11. Изучение биологических факторов, выявление степени дигрессии травянистого сообщества

#### Ход работы.

1. Заложить и зафиксировать пробные площадки в травянистом сообществе.

2. Изучите флористический состав сообщества.

3. Рассчитайте коэффициент видового разнообразия Симпсона по формуле:

$$D = E(n1(n-1)/N(N-1)),$$

где E – знак суммирования;

n – число особей каждого вида;

N – общее число видов;

D – коэффициент Симпсона.

4. Определите виды, не свойственные данному фитоценозу.

### Работа 12. Изучение степени дигрессии растительных сообществ в рекреационных зонах

Под рекреацией понимают территории (леса, водоемы, горы), используемые для восстановления физических и духовных сил человека, т.е. места массового отдыха населения.

Причины возникновения отрицательных последствий делятся на 2 группы. К первой относятся несоответствие слишком быстрого роста массового отдыха отстающему росту количества учреждений организованного отдыха и благоустройству мест массового отдыха.

Ко второй группе относятся причины, связанные с поведением отдельных отдыхающих лиц или групп: лесные пожары, кострища, самовольные рубки деревьев и кустарников, обламывание ветвей и т.д.

В процессе дигрессии природный комплекс проходит пять стадий :

1. Деятельность человека не вносит в лесной комплекс заметных изменений;
2. Рекреационное воздействие человека выражается в установлении редкой сети тропинок, в появлении среди травянистых растений некоторых светлюбивых видов, в начальной фазе разрушения подстилки;
3. Тропиночная сеть сравнительна пуста, в травянистом покрове преобладают светлюбивые виды, начинают появляться и луговые травы, мощность подстилки уменьшается, на нетронутых участках возобновление леса все еще удовлетворительное;
4. Тропинки густой сетью опутывают лес, в составе травяного покрова количество собственно лесных видов незначительно, жизнеспособного подроста молодого возраста (5-7 лет) практически нет, подстилка встречается лишь фрагментарно у стволов деревьев;
5. Полное отсутствие подстилки и подроста, встречаются отдельными экземплярами на вытоптанной площади сорные и однолетние виды трав.

Граница устойчивости природного комплекса, т.е. предел, после которого наступают необратимые изменения, проходит между 3 и 4 стадиями. Соответственно за предельно допустимую принимается нагрузка, соответствующая 3 стадии дигрессии.

#### **Ход работы.**

1. Заложить и зафиксировать пробные площадки в рекреационной зоне, размеры которых должны быть не менее 100 м<sup>2</sup> (10\*10); на территории содержащей древесную растительность, 25\*25 м.
2. Описать состояния растительного сообщества по табл. 10.
3. Выявить признаки степени загрязнения и нарушения сообщества (табл. 10).

Таблица 10

#### **Признаки степени загрязнения и нарушения сообщества**

| Признаки                                      | Количество, % | Оценка в баллах |
|---|---------------|-----------------|
| 1. Суховершинность                            |               |                 |
| 2. Поломанные деревья                         |               |                 |
| 3. Поломанные кустарники                      |               |                 |
| 4. Однобокая крона                            |               |                 |
| 5. Наличие трещин                             |               |                 |
| 6. Появление видов, несвойственных сообществу |               |                 |
| 7. Наличие некрозов                           |               |                 |
| 8. Трутовики, дупло, гниль                    |               |                 |
| 9. Отсутствие растительности на почве         |               |                 |

|                                     |  |  |
|-------------------------------------|--|--|
| 10. Густота тропичной сети          |  |  |
| 11. Кострища                        |  |  |
| 12. Бытовой мусор                   |  |  |
| 13. Мусорные кучи                   |  |  |
| 14. Большая сеть тропинок           |  |  |
| 15. Поломанные деревья и кустарники |  |  |
| 16. Большое количество кострищ      |  |  |
| 17. Уплотнение почвы                |  |  |

### **Работа 13. Биомониторинг парков и скверов**

Биомониторинг парков и скверов осуществляется с учетом реализации научно обоснованных рекомендации по охране, соблюдению охранного режима и благоустройству, использованию, ремонту, санитарно-гигиеническому уходу со стороны природопользователя, школы, населения.

Старинные парки очень ранимы, и любое грубое вмешательство может ускорить их распад. Произвольная реконструкция наносит ущерб флористическому богатству и устойчивости парков, нарушает целостную историческую планировку.

Форма годичного отчета по мониторингу в первом разделе должна содержать сведения о географическом положении, площади парка и сквера, природопользователе (землепользователе).

Второй раздел включает учет параметров. Ниже мы приводим параметры, единицы их измерения по породам (видам) деревьев, кустарников или травянистых растений для ежегодного мониторинга.

1. Количество семенных деревьев среди посаженных по породам.
2. Количество экземпляров деревьев среди патриархов, пораженных вредителями, в том числе грибами.
3. Количество экземпляров деревьев, срубленных при санитарно-гигиенических работах.
4. Количество экземпляров деревьев, посаженных идентично рядом с утраченными.
5. Количество экземпляров деревьев, подвергнутых ремонту дупел.
6. Количество экземпляров деревьев, очищенных от грибов паразитов.
7. Величина (см) годичный прирост побегов, средних по 10 измерениям, у молодых деревьев (диаметр – до 20 см).
8. Виды кустарников, подвергнутых омоложению или прореживанию.
9. Сроки и виды подкормок, применяемых в парке для поддержания жизни старых деревьев.

10. Сроки и виды защитного воздействия (химического, механического, биологического) применяемого в борьбе с вредителями.
11. Сроки и площади сенокошения на открытых полянах (без выкашивания травы под пологом деревьев).
12. Виды декоративных растений, возделываемые в партерной части парка.

Раз в пять лет проводится полное экологическое обеспечение по параметрам, приведенным выше. По данным мониторинга вносятся уточнения в экологический паспорт охраняемого объекта.

Для парковых территории разработан допустимый режим поведения и хозяйствования, применяемый в России.

### **Практические советы по режиму поведения и хозяйствования на парковых территориях**

Парки – национальное достояние, и от нас зависит, сохранятся ли они для наших потомков.

*Допустимый режим поведения и хозяйствования:*

- скашивание травы на освещенных газонах с господством луговых злаков;
- вырубка сухих и усыхающих деревьев и кустарников;
- цветочное оформление парка;
- улучшение состояния дорожно-тропиночной сети без применения твердого покрытия;
- установка скамеек и прочей садово-парковой модели (вдоль дорожек на специальных площадках);
- очистка территории от мусора;
- рекреация по дорожно-тропиночной сети, полное исключение движения по живому надпочечному покрову.

*К видам деятельности, недопустимым в парках, относятся следующие:*

- вырубка живых и относительно здоровых деревьев и кустарников, особенно интродуцентов; мемориальные деревья сохраняются до их естественного отмирания;
- изменение гидрологического режима без проведения изыскательных работ. Не допускается спуск воды из водоемов; заполнение давно спущенных продуктов; опасно проведение мелиоративных работ;
- посадка деревьев и кустарников вне плана реконструкции (особенно это касается полян);
- прокладка дорог и коммуникаций на территории парка;
- строительство новых зданий любого типа;
- устройство стоянок для транспорта;
- выкашивание травы под пустым пологом;
- нарушение надпочечного покрова;
- устройство детских и спортивных площадок и сооружений внутри старого парка;

- установка киосков и кафе;
- пастьба и прогон скота через парк;
- отвод небольшого парка для использования его большим количеством людей, например пионерских лагерей;
- расположение вблизи парков предприятий, загрязняющих воздух, воду и почву;
- повреждение деревьев, кустарников и участков ценного надпочечного покрова при проведении реставрационных работ;
- сжигание срубленных остатков на территории мемориальных парков.

#### **Работа 14. Лихеноиндикация загрязнения атмосферного воздуха**

В экологии при мониторинге негативных антропогенных воздействий на экосистемы разного ранга применяют широкий арсенал биоиндикационных методов, и одним является из них является индикация уровня и динамики загрязнения атмосферного воздуха с помощью эпифитных лишайников (лихеноиндикация). Впервые лихеноиндикационный метод анализа чистоты воздуха был применен в Люксембурге и Стокгольме. Последующие многочисленные исследования показали очень высокую надежность и репрезентативность лихеноиндикации в выявлении зон с повышенным содержанием в воздухе вредных газообразных веществ антропогенного и естественного происхождения.

В силу своих биологических особенностей эпифитные лишайники чрезвычайно чувствительны к токсичным газообразным продуктам и особенно к диоксиду серы ( $SO_2$ ). Из других вредных веществ, негативно влияющих на лишайники, можно назвать летучие соединения хлора, фтора, азота, тяжелых металлов, причем последние способны аккумулироваться в слоевищах и приводить к гибели не только сами растения, но и животные организмы, использующие их для питания (травоядные млекопитающие, наземные моллюски и насекомые). Во многих странах лишайники используют в качестве официально утвержденных стандартных биоиндикаторов при мониторинге уровня концентрации  $SO_2$  в атмосфере.

Лихеноиндикационные исследования имеют как свои плюсы, так и минусы. К несомненным достоинствам нужно отнести низкие материальные затраты на их реализацию, оперативность, способность охватить значительные по площади территории и возможность получения достоверного интегрированного показателя степени нарушенности растительного компонента конкретной геосистемы под влиянием определенных негативных факторов, сопряженных во времени и локализованных в пространстве. Недостатки связаны с необходимостью учета вариантности воздействия всех известных факторов среды в комплексе с антропогенным влиянием на лишайниковый компонент биогеоценозов (это справедливо в отношении всех без исключения живых объектов, а также естественных, смешанных и искусственных геосистем вообще) и невозможностью дать абсолютные значения концентрации поллютантов в воздухе в отличие от физико-химических методов.

Кроме того, даже специалисту крайне сложно, на основе изучения лишайников сделать вывод о том, в какой период времени сформировался данный экземпляр (и, следовательно, экологическую ситуацию какого периода он отражает).

Из множества методик, применяемых в лишайноиндикации, можно предложить изучение динамики прекутивного покрытия и частоты встречаемости эпифитных видов лишайников вдоль трансект, проложенных от источников загрязнения, и картирование этих параметров методом квадратов.

В качестве объектов исследования лучше всего подходят листоватые или кустистые эпифиты с крупными слоевищами достаточно яркой окраски, имеющие хорошую чувствительность к загрязнению воздуха. На роль биоиндикаторов можно предложить гипогимнию вздутую, пармелию бороздчатую, цетрарию сосновую, эвернию сливовую, эвернию шелушащуюся, виды родов *уснея* и *бриория*.

Таблица 11

**Характеристика эпифитных видов лишайников, предлагаемых в качестве объектов биомониторинга качества воздуха**

| Русское название     | Латинское название         | Морфологическая характеристика  | Местообитание, древесная порода    | Чувствительность к загрязнению |
|----------------------|----------------------------|---|------------------------------------|--------------------------------|
| Гипогимния вздутая   | <i>Hypogymnia physodes</i> | Неправильной формы или округлые листоватые слоевища серого цвета. Языкообразные концы лопастей загнуты наружу и покрыты налетом белого или серого порошка | Стволы, ветви. Хвойные, лиственные | Средняя                        |
| Пармелия бороздчатая | <i>Parmelia sulcata</i>    | Округлые листоватые слоевища серого цвета. Имеют на верхней поверхности сетчатый рисунок из светлых бороздок  | Стволы, ветви. Лиственные породы   | Высокая                        |
| Цетрария сосновая    | <i>Cetraria pinastri</i>   | Округлые листоватые слоевища желтого цвета. Имеют по краям лопастей каемку из порошка ярко-желтого цвета  | Стволы, ветви. Хвойные, лиственные | Очень высокая                  |



|                     |                           |   |                                       |               |
|---------------------|---------------------------|---|---------------------------------------|---------------|
| Эверния сливовая    | <i>Evernia prunastru</i>  | Кустистые слоевища с плоскими лопастями, имеющие по краям цепочки округлых выпуклых бугорков из светлого порошка. Верхняя поверхность лопастей серовато-зеленого, зеленого цвета, нижняя – беловатая или сероватая  | Стволы, ветви.<br>Хвойные, лиственные | Высокая       |
| Эверния шелушащаяся | <i>Evernia furfuracea</i> | Кустистые слоевища с плоскими лопастями, покрытые мелкими палочковидными выростами и бугорками. Верхняя поверхность лопастей темно-или светлого-серого цвета, нижняя – белая с розоватым оттенком у молодых лопастей, у старых – черная с сизоватым оттенком. | Стволы, ветви.<br>Хвойные, лиственные | Очень высокая |
| Уснея               | <i>Usnea</i> sp.          | Кустистые слоевища с округлыми веточками, напоминающими спутанные нити. Цвет – разные оттенки зеленого  | Стволы, ветви.<br>Хвойные, лиственные | Очень высокая |
| Бриория             | <i>Bryoria</i> sp.        | Кустистые слоевища с округлыми веточками, напоминающими спутанные нити. Цвет – от темно-коричневого до бледно-серого, почти белого  | Стволы, ветви.<br>Хвойные, лиственные | Очень высокая |

При проведении лишеноиндикационных исследований следует учесть, что они дают, как правило, только качественную оценку степени загрязненности воздуха. Для удобства она может быть представлена в виде пятибальной шкалы, где каждому баллу соответствует определенный уровень загрязнения:

1 – вредных веществ в воздухе практически нет (так называемый фоновый уровень загрязнения);

2 – уровень загрязнения очень низкий, в пределах нормы;

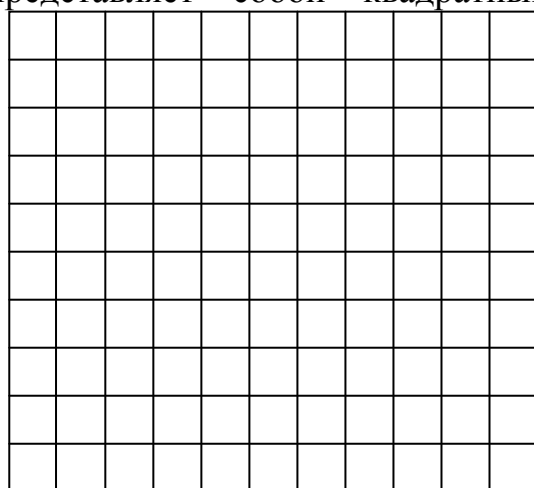
3 – средний уровень загрязнения;

4 – высокий уровень загрязнения.

При лишеноиндикационном мониторинге большое значение имеет непрерывность и периодичность наблюдений. Наиболее оптимально делать исследования раз в три года на одних и тех же заранее выбранных участках (пробных площадках) и сравнивать результаты с данными прошлых лет для выявления изменений в состоянии воздуха.

### Методика определения проективного покрытия и частоты встречаемости

**Оборудование:** лупа, компас, палетка, рулетка (1,5м). Палетка представляет собой квадратный кусок оргстекла размером  $10 \times 10 \text{ см}^2$ ,



расчерченный пропорциональными линиями на квадраты  $1 \times 1 \text{ см}$ . Площадь палетки принимается за 100%, следовательно, один квадрат будет составлять 1%. Если талломы выбранных видов лишайников не образуют сомкнутых скоплений, рекомендуем обвести контуры каждого отдельного слоевища фломастером и затем рассчитать их суммарное проективное покрытие. После этого контуры необходимо стереть мокрой тряпочкой (губкой), чтобы они не мешали

при дальнейших замерах. При измерении проективного покрытия кустистых видов надо плотно прижать палеткой их слоевища к поверхности коры, следя при этом, чтобы они не сбивались в комки, т.к. тогда результаты будут ошибочны. Проективное покрытие определяется для каждого вида лишайника отдельно:

1. Проективное покрытие и частота встречаемости лишайников учитываются на отдельно стоящих, старых, растущих вертикально деревьях одной породы (например, только на тополях или только на липах). На территории зеленого насаждения можно сразу брать несколько древесных пород для сравнения. Для определения проективного покрытия берут выборку не менее 10 стволов одной породы, для определения частоты встречаемости – не менее 50.

2. Проективное покрытие определяется на всех деревьях на одной высоте с четырех экспозиции (северной, южной, западной и восточной) по компасу.

Наиболее часто замеры делают на высоте 1,5 м (уровень груди), но можно делать их и у основания ствола (0,5-0,7 м).

3. Для определения частоты встречаемости вида лишайника осматривают все деревья от основания ствола до нижних ветвей. При этом важен сам факт наличия растения на дереве, но можно также отмечать и степень его обилия (очень редко, редко, достаточно часто, часто, очень часто).

4. Полученные результаты заносятся в полевые дневники в виде таблиц (табл.12, табл.13) (проективное покрытие – в %, встречаемость, при наличии вида – условным знаком, например «+»).

Таблица 12

Проективное покрытие \_\_\_\_\_  
(вид лишайника)

Местоположение \_\_\_\_\_  
(название зеленого насаждения и его координаты)

| № дерева | Порода | Экспозиция ствола |    |       |        | Среднее<br>Проективное<br>покрытие |
|----------|--------|-------------------|----|-------|--------|------------------------------------|
|          |        | Север             | Юг | запад | Восток |                                    |
| 1        |        |                   |    |       |        |                                    |
| 2        |        |                   |    |       |        |                                    |
| 3        |        |                   |    |       |        |                                    |

Таблица 13

Встречаемость видов лишайников на деревьях в \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
(название зеленого насаждения)

Местонасаждение \_\_\_\_\_  
(координаты)

| № дерева                  | Порода | <i>Hypogymnia<br/>physodes</i> | <i>Parmelia<br/>sulcata</i> | <i>Evernia<br/>prunastri</i> |
|---------------------------|--------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1                         |        |                                |                             |                              |
| 2                         |        |                                |                             |                              |
| 3                         |        |                                |                             |                              |
| Коэффициент встречаемости |        |                                |                             |                              |

**Обработка результатов.** Для каждого дерева высчитывается среднее проективное покрытие, полученные данные заносятся в табл.12. После определения среднего проективного покрытия для каждого модельного дерева можно высчитать среднее проективное покрытие эпифитных лишайников в обследуемом зеленом насаждении (парке, сквере, саде, лесопарке) по отдельным древесным породам (тополя, липы, березы и др.).

Частоту встречаемости рассчитывают по формуле:

$R=A/B*100\%$ , где

R – коэффициент встречаемости (в%),

A – число деревьев, на которых отмечен вид лишайника,

B – общее число обследованных деревьев.

Для каждого вида лишайника по каждой из пород высчитывается значение частоты встречаемости, полученные данные заносятся в табл.13. Так же можно вычислить общую частоту встречаемости каждого вида лишайника на всех древесных породах для всего обследованного зеленого насаждения (парка, сквера, сада, лесопарка).

### **Задание 1. Выявление зон с загрязненным воздухом методом трансект**

Для выявления зон с разным уровнем загрязнения воздуха на местности от источника вредных веществ закладываются трансекты в нескольких географических направлениях с учетом господствующих ветров (данные по розе ветров можно получить из метеорологических справочников или на местной метеостанции). Вдоль трансект через определенное расстояние (вблизи, 200-500, 400-1000, 800-2000 м и далее) закладываются пробные площадки, на которых проводят измерения проективного покрытия и частота встречаемости лишайников-биомониторов.

1.1. Сделать сборы и выявить полный видовой состав эпифитных лишайников в данной точке.

1.2. После обработки полученных данных (среднее проективное покрытие по видам и древесным породам, наличие в лишенофлоре видов с определенной жизненной формой) сделать выводы об изменении качества атмосферного воздуха по мере удаления от источника загрязнения вдоль трансект.

1.3. На карте точки со сходными лишеноиндикационными показателями соединить линиями, выделяя таким образом зоны с определенным уровнем загрязненности воздуха.

### **Задание 2. Выявление зон с загрязненным воздухом методом квадратов**

Для выявления зон с разным уровнем загрязнения воздуха исследуемая территория разбивается на квадраты (наносится на карту). Размеры квадратов варьируют в зависимости от размеров охватываемой территории (небольшие населенные пункты - 0,2\*0,2 км, средние – 0,5\*0,5 км, крупные города и

промзоны – 1\*1 км, большие массивы естественных насаждений (леса, болота) – 2\*2 км или 4\*4 км). В границах квадратов закладываются пробные площадки, на которых проводят измерения проективного покрытия и частоты встречаемости лишайников-биомониторов.

2.1. Сделать сборы и выявить полный видовой состав эпифитных лишайников в данной точке.

2.2. После обработки полученных данных (среднее проективное покрытие по видам и древесным породам, частота встречаемости по видам и породам, наличия в лишенофлоре видов с определенной жизненной формой) сделать выводы о качестве атмосферного воздуха в границах каждого квадрата.

2.3. На карте квадраты со сходными лишеноиндикационными показателями отметить одинаковым цветом, выделяя таким образом зоны с определенным уровнем загрязненности воздуха.

Таблица 14

**Качественная оценка уровня загрязненности атмосферного воздуха газообразными и твердыми поллютантами по наличию лишайников определенных жизненных форм**

| Зона | Качественный уровень загрязненности воздуха         | Жизненная форма |            |           |
|------|---|-----------------|------------|-----------|
|      |   | накипные        | листоватые | Кустистые |
| 5    | Очень высокий. «Лишайниковая пустыня»               | ?               | ?          | ?         |
| 4    | Высокий   | +               | +          | +         |
| 3    | Средний   | ++              | ++         | ++        |
| 2    | Низкий  | +++             | +++        | +++       |
| 1    | Очень низкий. Фоновый уровень загрязнения атмосферы | +++             | +++        | +++       |

Примечание: ? – возможны находки зачаточных слоевищ, + - малое число видов, ++ - значительное число видов, +++ - очень большое число видов лишайников.

**МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ СРЕД ЖИЗНИ**

**1. Мониторинг состояния воздушной среды**

Для изучения состояния воздушной среды необходимо вести следующие наблюдения:

- характеристика ветра (скорость и направление);
- температура воздуха (суточные — максимальная и минимальная, среднесуточная);

- влажность воздуха;
- атмосферные явления (виды облачности; осадки — твердые, жидкие; грозы; оптические явления и др.).

Изучить качественно и количественно химический состав атмосферы, значит определить все ее компоненты. В первую очередь те из них, которые обуславливают загрязнение воздуха. Самый простой способ определить концентрацию химического вещества в воздухе, измерить его с помощью индикаторной трубки и насоса. Суждение о чистоте воздуха можно сделать *косвенным путем*: об этом могут «рассказать» атмосферные осадки, растения и животные.

Климатический мониторинг воздушной среды проводится в приземном слое атмосферы. Для этого необходимо, чтобы они были соответственно оборудованы: имели термометры, психрометр, анемометр, осадкомер.

При этом часть параметров определяется визуально, например: облачность (по рисункам видов облаков); состояние подстилающей поверхности в радиусе 100 м от места метеорологического поста (трава — зеленая, пожелтевшая, бурая; почва — сухая пылящая, сухая непылящая, влажная, мокрая) ; осадки (снег, роса, иней и т.д.).

## **Работа 15. Мониторинг атмосферных осадков.**

### **Анализ состава атмосферной влаги**

Состояние подстилающей поверхности часто зависит от состава осадков и их кислотности. Появление в атмосфере промышленных и транспортных выбросов сернистого газа, оксидов азота, сероводорода, углекислого газа увеличивает содержание в атмосферной влаге минеральных солей (в первую очередь сульфатов), а также повышает ее кислотность. Это приводит к уменьшению величины рН, которая может быть измерена (учитывая необходимую в данном случае точность и чувствительность измерений) прибором — рН-метром либо тест-комплектom.

Измерение рН осадков индикаторной бумажкой не обеспечивает необходимую чувствительность и может проводиться лишь с большим приближением.

Величина рН для нейтральных атмосферных осадков и чистой воды равна 7. Дождевая вода в чистом воздухе имеет рН=5,6 за счет растворения диоксида углерода (углекислого газа). Грозовые дожди имеют повышенную кислотность за счет образования оксидов азота (до рН=5,0). Атмосферные осадки с величиной рН меньше 5 считаются «кислыми дождями».

Определение минеральных солей в осадках проводится теми же средствами (тест-комплектами, приборами-иономерами, кондуктометрами), что и анализ воды и почвенных вытяжек. Однако следует иметь в виду, что возможная концентрация солей в осадках значительно ниже значений, которые можно встретить при анализе природных поверхностных вод.

### **Задание 1. Провести наблюдение за запыленностью воздуха.**

При мониторинге воздушной среды следует определять наличие твердых частиц (пыли). Для этого есть простые методы, не требующие сложного приборного оборудования, а также сложные, требующие специального оборудования.

#### 1.1. Сбор пыли с листьев растений на клейкую ленту.

По направлениям розы ветров выбирают на разном расстоянии от источника пылевого загрязнения деревья и кустарники с широкими листьями (вяз, липа и сирень), отмечают мелом ветки, листья которых предварительно обмыты, через неделю на них будут нанесены квадраты широкой клейкой ленты, с помощью которых «снимается» пыль не менее чем с трех листьев. Предварительную оценку загрязнения можно сделать, просто визуально сравнивая количество пыли на пленках, наклеенных на плотный лист бумаги.

Чтобы количественно оценить запыленность воздуха, квадратик пленки необходимо предварительно взвесить до наклеивания на листья и после запыления (через неделю). Средняя разность взвешивания трех пленок покажет величину пыли в воздухе в каждой точке на определенном расстоянии от источника загрязнения. Если точки взятия пылевых проб отмечены по азимутам, то можно выявить направление переноса пылевых загрязнений.

#### 1.2. Обмыв листьев с последующим фильтрованием обмывочной воды.

При этом методе также выбираются деревья или кустарники с крупными листьями (желательно одного вида) на разном расстоянии от источника пылевого загрязнения и отмечаются бирками или цветными пластиковыми лентами ветви, не затененные другими ветвями.

Эксперимент проводится в сухую погоду, поэтому до его проведения желательно знать прогноз погоды. Следует выбрать радиусные направления на север, юг, восток и запад, а в них — разное расстояние от источника загрязнения. С каждой помеченной ветки обмывается по 10 запыленных листьев в склянке с чистой водой. Затем полученная взвесь фильтруется через предварительно взвешенный фильтр. После высушивания фильтр снова взвешивается, и по разности вычисляется масса пыли.

Количественное гравиметрическое определение концентрации пыли в воздухе проводится путем просасывания выбираемой пробы воздуха через предварительно взвешенный фильтр. Повторное взвешивание фильтра после отбора позволяет рассчитать массовую концентрацию пыли, зная массу пыли на фильтре и объем отобранной пробы воздуха.

### **Задание 2. Анализ осадков**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большой практикум по физиологии растений. Минеральное питание. Физиология клетки. Рост и развитие: Учебное пособие для студентов биол. спец. вузов / Чернавина И.А., Потапов Н.Г., Косулина Л.Г., Кренделева Т.Е.; под ред. Б.А. Рубина. – М.: Высш. Школа, 1978. – 408 с., ил.
2. Баславская С.С., Трубецкова О.М. Практикум по физиологии растений.- Изд-во Московского университета, 1964. – 327 с.
3. Голубев И.Ф. Техника и методика ускоренного анализа почв.- Москва Изд-во Министерства сельского хозяйства РСФСР. – 1962. – 102 с.
4. Гуленкова М.А., Красникова А.А. Летняя полевая практика по ботанике: Учебное пособие для студентов пед. и-тов по спец. № 2121 «Педагогика и методика нач. обучения». – 2-е изд., перераб. М.: Просвещение, 1986. – 175 с.
5. Ващенко И.М. Практикум по основам сельского хозяйства: Учебное пособие для студентов биол. спец. пед ин-тов/ И.М. Ващенко, К.П. Лангеев, М.П. Меркулов; под ред. И.М. Ващенко. – М.: Просвещение, 1982. – 399 с.
6. Комплексная экологическая практика школьников и студентов. Программы. Методики. Оснащение: Учебное-методическое пособие/ Под редакцией Л.А. Коробейниковой. - 3-е изд. перераб. и доп.- СПб., 2002.- 268 с.
7. Козлов О.В., Козлова С.В. Методы исследования экосистем водоемов: учебное пособие по экологическому практикуму. – Курган: ИПКРО, 2000. –56 с.
8. Левицкая К.И. Лабораторно-практические занятия по почвоведению.- СПб., 2005. – 63 с.
9. Левченко М.Ф., Суханов Д.В., Шилова И.Н. Летние экскурсии по морфологии растений. Методические указания к выполнению учебных работ во время летней полевой практики для студентов специальности биология (011600).-Курган: изд-во Курганского государственного университета, 1999. – 35 с.
10. Несговорова Н.П. Почвоведение. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности «Биология» (020201), «Экология» (020801).-Курган: Редакционно-издательский центр КГУ, 2007. – 40 с.
11. Смуров А.В., Полищук Л.В. Количественные методы оценки основных популяционных показателей: статистический и динамический аспекты. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 208 с.
12. Чернова Н.М. Лабораторный практикум по экологии: Учебное пособие для студентов пед. ин-тов по биол. спец. – М.: Просвещение, 1986. – 96 с.
13. Миттлайдер Дж. Здоровые овощи по методу д-ра Миттлайдера. — Поселок Заокский Тульской обл., 1993;
14. Признаки голодания растений: Сб. статей / Под ред. Б. Бэра и Р. Колмана. — М., 1957;
15. Лархер В. Экология растений. — М., 1978.



## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проводить опыты, измерения, расчеты и статистическую обработку целесообразнее, если используемые пробы в основном однородны. Методы достижения такой однородности очень разнообразны, например, выращивание большого количества растений, необходимых для опыта. Как правило, повторность при этом составляет 100-200 семян, ошибка не должна превышать 1-2%.

#### 1.1. Выращивание проростков растений

Для опытов желательно отбирать сходные по виду и массе семена определенного сорта с известными сроками сбора урожая и всхожестью. Семена перед проращиванием необходимо простерилизовать, чтобы предохранить проростки от инфекции. С этой целью используют 1 %-ый раствор перманганата калия или слабый раствор формалина (1 мл на 300 мл воды) и др. После стерилизации семена отмывают водой и проращивают.

Простерилизовать семена можно также облучением их ультрафиолетовым светом в течение 30 мин.

Проращивание семян в чашках Петри - самый простой, доступный и используемый метод. На ее дно укладывают соответствующего диаметра фильтровальную бумагу и равномерно распределяют семена — от 7 до 100 штук. С наружной стороны нижней чашки фломастером обозначают вариант опыта. Затем пипеткой вносят 10 мл раствора, закрывают крышкой, под которую также укладывают влажную фильтровальную бумагу для создания большей влажности, и ставят в термостат при 26°C.

Проростки выращивают в кюветах, закрывая их крышками или куском стекла.

Метод «тряпичной куклы» удобен для выращивания проростков в течение более продолжительного времени и до стадии зеленения листьев. На столе раскладывают пленку шириной 10-15 см, на нее укладывают фильтровальную бумагу, чистую ткань или салфетки. На подложку с расстоянием 1,0-1,5 см друг от друга в несколько рядов раскладывают семена. Пленку вместе с подложкой и семенами скатывают в рулон, перевязывают бечевкой или скрепляют круглой резинкой и помещают в стакан, наполненный на 1/3-1/4 водой. Стакан ставят в термостат с температурой: 26°C. Через определенное время проростки снимают с подложки и используют в опыте.

#### 1.2. Варианты и повторности

От целей исследования зависит количество вариантов опыта. Каждый вариант отличается от другого только одним параметром. Например, при изучении зависимости интенсивности фотосинтеза от освещенности меняться должен только один параметр - освещенность; все остальные - температура окружающей среды, влажность, минеральное питание и т.д. - должны быть абсолютно одинаковыми. Каждый вариант опыта имеет несколько повторностей - от 2 до 100 и более. При выполнении лабораторной работы число повторностей невелико (2-3). При выполнении самостоятельной,

курсовой, дипломной работ число повторностей в опыте и число опытов должно быть значительно больше, чтобы результат был достовернее.

### 1.3. Измерение длины и площади

При измерении линейной протяженности корней или побегов или длины и ширины листьев, как правило, надо нанести на исследуемый орган метки на определенном расстоянии. При достаточно прямых стеблях и отсутствии несущих листья узлов или, если их немного, проще всего воспользоваться дешевым пластмассовым гребешком.

Зубцы гребешков, изготовленных машинным способом, совершенно одинаковы, и, поскольку гребни делают разных размеров, можно иметь хороший набор шаблонов для маркировки. Кончики зубцов гребешка прижимают к свежесмоченной штепсельной подушке, затем к стеблю или корню. Чернила окрасят орган растения, и, если дать им высохнуть, они сохранятся и после осторожного полива. Для нанесения более редких меток можно взять кухонную яйцезерку. Ее проволоочки смазывают чернилами, а затем касаются ими растения. Промеры всегда должны производиться по стандарту на протяжении всего исследования. Поскольку растения часто погружены в субстрат на разную глубину, за основу измерений можно взять длину стебля от семядольного или первого узла. Диаметр стебля, который отражает его вторичное утолщение, следует замерять в строго определенном месте; обычно это середина выбранного междоузлия. Точные измерения можно сделать кронциркулем с микрометром.

Для определения площади листа можно использовать весовой метод. В этом случае из бумаги вырезают контур листовой пластинки и взвешивают на торсионных или аналитических весах. Из такой же бумаги вырезают три квадрата с определенной площадью, например  $100 \text{ см}^2$  ( $10 \times 10 \text{ см}$ ). Затем квадраты взвешивают и вычисляют среднюю массу одного квадрата. Площадь исследуемого листа находят по формуле

$$S = (aC)/B,$$

где  $a$  — масса контура листа, мг;  $B$  — средняя масса квадрата бумаги, мг;  $C$  — площадь квадрата бумаги,  $\text{см}^2$ .

*Метод высечек* наиболее доступный и продуктивный, что делает его особенно ценным в полевых опытах. Отбирают среднюю пробу растений, быстро срезают листья и определяют их массу. Затем из каждого листа сверлом определенного диаметра выбивают несколько высечек, объединяют вместе и устанавливают массу. Диаметр сверла выбирают в зависимости от размеров листовой пластинки и ее поверхностной плотности. Площадь листьев определяют по формуле  $S = (aC)/B$ ,

где  $a$  — общая масса сырых листьев, г;  $B$  — общая масса сырых высечек, г;  $C$  — общая площадь высечек,  $\text{см}^2$ .

Точные очертания контура быстро получают, обрызгав краской из пульверизатора лист бумаги с прижатым к нему объектом измерения. Если исследуемый объект симметричен, его очертания можно определить с помощью планиметра.

#### **1.4. Определение массы**

В эксперименте проводят определение «сырой» и «сухой» массы. Ткани сначала слегка просушивают фильтровальной бумагой, чтобы удалить воду с поверхности, и затем сразу же взвешивают. Поскольку вегетативные части растения, по меньшей мере на 90% состоят из воды, данные о массе сырого вещества отражают в основном содержание свободной воды в тканях. Масса сырого вещества может сильно изменяться независимо от фактического роста и увеличения биомассы, например в результате увядания, высокой тургесцентности и т.д. Изменения в содержании воды можно устранить путем отбора проб в строго определенное время суток при одних и тех же условиях. Для стандартизации условий полезно поливать растения за 3-5 ч до сбора образцов. Результаты рассчитывают в граммах (масса сырого вещества одного растения или органа, например, лист, плод и т.д.).

При определении массы сухого вещества критическим моментом является способ сушки тканей. При слишком низких температурах нельзя полностью удалить всю воду, сушка отнимает слишком много времени и может способствовать росту микроорганизмов. При слишком высоких температурах можно обуглить ткани. Лучше всего использовать сушильный шкаф под вакуумом с температурой 60-70 °С или с принудительной тягой с температурой порядка 90-105 °С. Следует убедиться, что вода удаляется полностью. Сушку рекомендуется проводить в течение 18 -24 ч; пробу взвесить, а затем снова на некоторое время поместить в сушильный шкаф. Это называется доведением до постоянной массы. Результаты подсчитывают так же, как и для массы на сырое вещество.

Можно пользоваться также и биохимическими критериями. Прежде всего это общее содержание азота или белка в одном растении, органе или на единицу массы.

#### **1.5. Инфильтрация тканей**

*Инфильтрация* — это заполнение межклетников жидкостью.

Инфильтрацию проводят с помощью медицинского шприца. При этом высечки из тканей растений (пластинка листа, срезы стебля и т.д.) помещают в баллон шприца в воду или в вещество, которое надо закачать в межклетники. Отверстие канюли закрывают указательным пальцем, наливают воду на 2/3 объема, закладывают высечки и вставляют поршень. Затем перевертывают шприц канюлей вверх и, убрав палец, выгоняют из баллона воздух, вдвигая поршень. После этого, плотно закрыв пальцем отверстие канюли, оттягивают поршень вниз, в результате чего в баллоне понижается давление. Поскольку высечки должны быть погружены в воду, шприц резко встряхивают, одновременно отнимая палец от канюли. Давление в баллоне шприца резко повышается, и в межклетники высечек, погруженных в воду, загоняется вода — происходит инфильтрация. Повторяя операцию несколько раз, можно добиться полной инфильтрации. Это легко обнаружить по потемнению ткани высечек я по их однородному просвечиванию на свету.

Инфильтрованные высечки опускаются на дно. Иногда этого не происходит из-за образовавшихся пузырьков газа на поверхности высечек. Пузырьки легко удалить кисточкой или стеклянной палочкой.

### **Работа 1. Определение солеустойчивости злаков по всхожести их семян**

В условиях избыточной засоленности почвы всхожесть семян и интенсивность роста растений часто снижаются. При определении солеустойчивости показателем устойчивости служит сравнение числа проросших семян в растворах соли и в дистиллированной воде.

**Цель работы:** определить солеустойчивость злаков.

**Материалы и оборудование:** чашки Петри, фильтровальная бумага, раствор формалина (1 мл формалина на 300 мл воды), химические стаканы, марлевые мешочки, этикетки, термостат, сушильный шкаф, пипетки на 10 мл, раствор NaCl.

**Растения:** семена ячменя, кукурузы и др.

#### **Ход работы.**

Подбирают здоровые семена растений, помещают их в разные марлевые мешочки с этикеткой внутри и обрабатывают раствором формалина в течение 3-5 мин. Затем слегка просушивают и раскладывают по 10-20 семян в каждую чашку Петри. Предварительно чашки Петри прокаливают в сушильном шкафу при 150°C в течение 1 ч, на их дно укладывают фильтровальную бумагу.

Таблица 1

**Всхожесть семян злаков в зависимости от засоления почвы**

| Растение | Вариант опыта    | Число проросших семян | Всхожесть, % |
|----------|------------------|-----------------------|--------------|
| Ячмень   | H <sub>2</sub> O |                       |              |
|          | NaCl, %          |                       |              |
| Кукуруза | H <sub>2</sub> O |                       |              |
|          | NaCl, %          |                       |              |

В каждую чашку наливают по 10 мл 7%- или 10%-ного раствора NaCl и 10 мл дистиллированной воды (контроль). Опыт проводят в трехкратной повторности.

Чашки Петри с семенами помещают в термостат при температуре 26°C для проращивания. На дно термостата ставят кювету с водой. Через семь дней в каждом варианте подсчитывают число проросших семян. Определяют процент всхожести. Результаты записывают в таблицу (табл. 1).

**Задание:** сделать вывод о солеустойчивости исследованных растений.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Нормы содержания нитратов в продуктах

В связи с опасностью, которую представляют нитраты для здоровья человека, приводим сведения о границах содержания их в овощах и бахчевых культурах (табл.2), а также данные о распределении нитратов по тканям и органам зеленых растений (табл.3). Эти сведения позволят избежать токсичных доз нитратов.

У столовой свеклы и редиса необходимо удалять верхнюю и нижнюю части корнеплода. Использовать в пищу редис традиционных круглых сортов, т.к. в них нитратов значительно меньше, чем у сортов типа «Красный великан». В капусте наибольшее количество нитратов сосредоточено в верхних кроющих листьях и кочерыжке. Кабачки, огурцы и патиссоны накапливают нитраты в кожице и в части, прилегающей к плодоножке. Их необходимо чистить и срезать 2-3 см вместе с плодоножкой.

В картофеле нитратов накапливается меньше, однако его употребляют чаще других овощей и в большом количестве. Для снижения нитратов в картофеле его следует замачивать на ночь в растворе NaCl.

Министерством здравоохранения РФ установлены следующие нормативы по содержанию нитратов в сельскохозяйственной продукции (в мг/кг по нитрат-иону). В числителе приводятся нормы для ранних и тепличных овощей, в знаменателе — для поздней продукции открытого грунта.

Таблица 2

### Минимальные и максимальные количества нитратов в овощах, мг/кг, по данным Института почвоведения и фотосинтеза АН России

| Культура         | Минимум | Максимум | Культура          | Минимум | Максимум |
|------------------|---------|----------|-------------------|---------|----------|
| Арбузы           | 44      | 572      | Петрушка (зелень) | 1760    | 1892     |
| Баклажаны        | 88      | 264      | Ревень            | 1760    | 2420     |
| Брюква           | 398     | 528      | Редька черная     | 1540    | 1760     |
| Горошек зеленый  | 22      | 88       | Редис             | 440     | 2640     |
| Горчица салатная | 1320    | 1760     | Репка             | 660     | 880      |
| Дыни             | 44      | 484      | Салат             | 396     | 2860     |
| Капуста белая    | 66      | 2860     | Свекла столовая   | 44      | 2640     |
| Кабачки          | 196     | 704      | Кресс-салат       | 320     | 4840     |
| Перец сладкий    | 44      | 352      | Картофель         | 44      | 968      |
| Лук зеленый      | 44      | 1320     | Тыква             | 308     | 1320     |
| Лук репчатый     | 66      | 880      | Укроп             | 396     | 2200     |

Продолжение табл. 2

|           |      |      |        |     |      |
|-----------|------|------|--------|-----|------|
| Морковь   | 176  | 2200 | Фасоль | 22  | 880  |
| Огурцы    | 88   | 528  | Чеснок | 44  | 308  |
| Патиссоны | 176  | 880  | Шпинат | 660 | 3960 |
| Тархун    | 1320 | 2200 | Щавель | 264 | 396  |

Таблица 3

### Нормы содержания нитратов в овощах

| Подземные органы  | Плоды               | Листья             |
|-------------------|---------------------|--------------------|
| картофель — 250   | огурцы — 400/150    | капуста — 900/500  |
| лук репчатый — 80 | кабачки — 400       | лук-перо — 800/600 |
| Морковь — 400/250 | арбузы — 60         |                    |
|                   | дыни — 90           |                    |
|                   | томаты — 300/150    |                    |
|                   | перец сладкий — 200 |                    |

### Работа 3. Накопление первичного (ассимиляционного) крахмала в клетках листьев $C_3$ - и $C_4$ -растений

Растения, у которых первый стабильный продукт фотосинтеза представлен трехуглеродной фосfogлицериновой кислотой (ФГК), принято называть  $C_3$ -растениями. Синтез сахаров в фотосинтезе осуществляется у них в цепи реакций, образующих цикл Кальвина. У  $C_3$ -растений во всех фотосинтезирующих клетках функционирует цикл Кальвина, и поэтому во всех клетках листа образуется крахмал. У  $C_4$ -растений первичная ассимиляция  $CO_2$  осуществляется и в цикле Хетча-Слека в клетках мезофилла листа. Первыми продуктами этого цикла являются четырехуглеродные органические кислоты, поэтому такие растения принято называть  $C_4$ -растениями. Цикл Кальвина функционирует у них только в клетках обкладки проводящих пучков листа. Поэтому крахмал образуется только в этих клетках, но не в клетках мезофилла.

**Цель работы:** на срезах листовых пластинок выявить клетки, в которых у  $C_3$ - и  $C_4$ -растений находятся хлоропласты, накапливающие крахмал.

**Материалы и оборудование:** микроскопы, осветители, предметные и покровные стекла, лезвия безопасной бритвы, стакан с водой, препаровальные иглы, стеклянные палочки, фильтровальная бумага, кусочки пенопласта или бузины, раствор Люголя, 30%-й раствор КОН.

**Растения:** листья кукурузы и любых  $C_3$ -растений, зафиксированных в солнечный летний день в 70%-м этаноле. Можно воспользоваться листьями  $C_3$ -растений и молодыми растениями кукурузы, выращенными в теплице. Перед фиксацией материала растения следует выдержать несколько часов на ярком свету.

### Ход работы.

Продольные и поперечные срезы листьев кукурузы и  $C_3$ -растений (хлорофитума, традесканции и др.) делают острым лезвием безопасной бритвы. Для получения поперечных срезов используют кусочки бузины или пенопласта. Срезы помещают на предметное стекло в каплю 30%-го раствора КОН или NaOH для их просветления. Через 10-15 мин, а если позволяет время, то и более (до 1,5 ч), щелочь «отсасывают» фильтровальной бумагой, промывают водой и добавляют каплю раствора Люголя. Затем срезы накрывают покровным стеклом и исследуют под микроскопом сначала при малом увеличении, а затем - при большом.

Изучая срезы, обращают внимание на локализацию крахмала в клетках листа. У кукурузы крахмал локализуется в клетках обкладки проводящих пучков и в клетках устьиц. В остальных клетках мезофилла, расположенных между жилками, крахмала нет. Поэтому на продольном срезе проводящие пучки с обкладкой четко выделяются как темные полосы, а на поперечном срезе клетки обкладки выглядят как темная корона (так называемая «ktrans»-анатомия), окружающая неокрашенные ткани ксилемы и флоэмы.

В листьях  $C_3$ -растений крахмал находится во всех клетках мезофилла, а также в замыкающих клетках устьиц. Неокрашенными остаются только клетки эпидермы и сосудистые пучки.

**Задание:** сделать рисунки продольных и поперечных срезов листьев  $C_3$ - и  $C_4$ -растений. Отметить локализацию крахмала в тканях листьев. Объяснить причину разной локализации крахмала у  $C_3$ - и  $C_4$ -растений.

Таблица 6

### Растения–индикаторы увлажнения почвы (по Раменскому Л.Г. и др., 1956, с изменениями)

| Характеристика увлажнения почвы | Примеры растений индикаторов   |
|---------------------------------|--|
| Недостаточное                   | Полынь австрийская, ковыль волосатик   |
| Умерено недостаточное           | Тонконог сизый, ковыль перистый, тимьян Маршалла   |
| Нейтральное (среднее)           | Тимофеевка луговая, лабазник шестилепестковый, люцерна серповидная, зопник клубненостный |
| Умерено влажное                 | Бекмания обыкновенная, лабазник вязолистный, астра соланчаковая                          |
| Избыточное                      | Хвощ болотный, пушица влагалищная  |
| Сильно избыточное               | Тростянка овсяницеvidная   |
| Обводненное                     | Калужница болотная, сусак зонтичный  |

**Растения индикаторы кислотности почвы (по Раменскому Л.Г. и др.,  
1956, с изменениями)**

| Характеристика почвы   | pH      | Примеры растений индикаторов (при массовом и обильном произрастании)  |
|------------------------|---------|---|
| Особо бедные почвы     | 4-4,5   | Кошачья лапка двудомная, вереск обыкновенный, пушица влагалищная, кукушкин лен обыкновенный   |
| Бедные почвы           | 5-5,5   | Манжетка обыкновенная, орляк обыкновенный   |
| Небогатые почвы        | 5,5-6,5 | Хвощ болотный, земляника лесная, нивяник обыкновенный, змеевик большой  |
| Довольно богатые почвы | 6-7,5   | Тысячелистник обыкновенный, ольха черная, ежа сборная, хмель обыкновенный, чина луговая, вербейник обыкновенный, мятлик луговой, кровохлебка обыкновенная |
| Богатые почвы          | 7-7,5   | Цикорий обыкновенный, люцерна хмелевидная, мятлик луговой, лапчатка гусиная, тимьян Маршалла  |



**Качественная оценка уровня загрязненности атмосферного воздуха газообразными и твердыми поллютантами по проективному покрытию и частоте встречаемости отдельных видов лишайников-биоиндикаторов (вдоль трансект или в границах квадратов)**

| Качественный уровень загрязненности воздуха | Виды лишайников-биоиндикаторов            | Проективное покрытие                    | Частота встречаемости      |
|---|---|---|----------------------------|
| Очень высокий<br>«Лишайниковая пустыня»     | Hypogymnia physodes<br>Гипогимния вздутая | Очень редко, в виде зачаточных талломов |                            |
|   | Parmelia sulcata<br>Пармелия бороздчатая  | Отсутствует                             |                            |
|   | Cetraria pinastri<br>Цетрария сосновая    | Отсутствует                             |                            |
|   | Evernia prunastri<br>Эверния сливовая     | Отсутствует                             |                            |
|   | Evernia furfuracea<br>Эверния шелушащаяся | Отсутствует                             |                            |
|   | Usnea sp. Уснея                           | Отсутствует                             |                            |
|   | Bryoria sp. Бриория                       | Отсутствует                             |                            |
|   | Hypogymnia physodes<br>Гипогимния вздутая | До 15-25%                               | Редко или достаточно редко |
|   | Parmelia sulcata<br>Пармелия бороздчатая  | До 10-15%                               | Редко, одиночные талломы   |
|   | Cetraria pinastri<br>Цетрария сосновая    | Очень редко, в виде зачаточных талломов | Редко, одиночные талломы   |

Продолжение табл. 8

|         |  |             |                                 |
|---------|--|-------------|---------------------------------|
| Высокий | <i>Evernia prunastri</i><br>Эверния сливовая     | До 10-15%   | Редко, одиночные талломы        |
|         | <i>Evernia furfuracea</i><br>Эверния шелушащаяся | Отсутствует | Редко, одиночные талломы        |
|         | <i>Usnea</i> sp. Уснея                           | Отсутствует |                                 |
|         | <i>Bryoria</i> sp. Бриория                       | Отсутствует | Часто, местами очень часто      |
|         | <i>Hypogymnia physodes</i><br>Гипогимния вздутая | До 30-40%   | Часто, местами очень часто      |
|         | <i>Parmelia sulcata</i> Пармелия бороздчатая     | До 20-25%   | Часто, местами очень часто      |
|         | <i>Cetraria pinastri</i> Цетрария сосновая       | До 3-5%     | Редко, угнетенные талломы       |
| Средний | <i>Evernia prunastri</i><br>Эверния сливовая     | До 20-25%   | Достаточно редко, местами часто |
|         | <i>Evernia furfuracea</i><br>Эверния шелушащаяся | До 5-10%    | Редко, угнетенные талломы       |
|         | <i>Usnea</i> sp. Уснея                           | До 3-5%     | Редко, угнетенные талломы       |
|         | <i>Bryoria</i> sp. Бриория                       | До 3-5%     | Редко, угнетенные талломы       |
|         | <i>Hypogymnia physodes</i><br>Гипогимния вздутая | До 60%      | Очень часто, доминант           |
|         | <i>Parmelia sulcata</i> Пармелия бороздчатая     | До 50%      | Очень часто, доминант           |
|         | <i>Cetraria pinastri</i> Цетрария сосновая       | До 10%      | Очень часто, местами обильно    |

Окончание табл. 8

|   |  |           |                              |
|---|--|-----------|------------------------------|
| Низкий  | <i>Evernia prunastri</i><br>Эверния сливовая     | До 30-40% | Очень часто, местами обильно |
|   | <i>Evernia furfuracea</i><br>Эверния шелушащаяся | До 20%    | Очень часто, обильно         |
|   | <i>Usnea</i> sp. Уснея                           | До 15-20% | Очень часто, местами обильно |
|   | <i>Bryoria</i> sp. Бриория                       | До 15-20% | Очень часто, местами обильно |
|   | <i>Hypogymnia physodes</i><br>Гипогимния вздутая | До 80%    | Очень часто, местами обильно |
| Очень низкий.<br>Фоновый уровень<br>загрязнения атмосферы | <i>Parmelia sulcata</i> Пармелия<br>бороздчатая  | До 80%    | Очень часто, доминант        |
|   | <i>Cetraria pinastri</i><br>Цетрария сосновая    | До 20%    | Очень часто, обильно         |
|   | <i>Evernia prunastri</i><br>Эверния сливовая     | До 50-60% | Очень часто, доминант        |
|   | <i>Evernia furfuracea</i><br>Эверния шелушащаяся | До 30%    | Очень часто, содоминант      |
|   | <i>Usnea</i> sp. Уснея                           | До 30%    | Очень часто, содоминант      |
|   | <i>Bryoria</i> sp. Бриория                       | До 30%    | Очень часто, обильно         |

Несговорова Наталья Павловна  
Ларионова Алефтина Павловна  
Савельев Василий Григорьевич

## ОРГАНИЗАЦИЯ ЛЕТНЕГО ПОЛЕВОГО ПРАКТИКУМА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ ПО  
ДИСЦИПЛИНАМ «ПОЧВОВЕДЕНИЕ», «ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ» ДЛЯ  
СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ «БИОЛОГИЯ», «ЭКОЛОГИЯ»  
(020201, 020801)  
Часть 2

Редактор Н.М. Устюгова

---

|                    |                   |                 |
|--------------------|-------------------|-----------------|
| Подписано к печати | Формат 60*84 1/16 | Бумага тип. № 1 |
| Печать трафаретная | Усл. печ. л. 2,75 | Уч.-изд.л. 2,75 |
| Заказ              | Тираж 100         | Цена свободная  |

---

РИЦ Курганского государственного университета.  
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.  
Курганский государственный университет.