

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова»  
(ФГБОУ ВО БГУ)  
Кафедра ботаники

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ПРОХОЖДЕНИЮ  
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ

**Тип практики: Практика по получению профессиональных умений и  
опыта профессиональной деятельности  
(физиология растений)**

Направление подготовки / специальность  
**06.03.01 Биология**

Профиль подготовки / специальность  
**Общая биология**

Квалификация (степень) выпускника  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**Очная**

Улан-Удэ  
2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	2
Экскурсия в дендрарий БГУ.	3
Раздел 1. Методика полевого опыта на практике	12
1.1. Методы размещения повторений и вариантов на площади	13
1.2. Методика отбора проб для морфологического анализа и физиологических исследований растений	15
Тема 1. «Водный режим»	16
Тема 2. «Фотосинтез»	31
Тема 3. «Физиология стресса»	32
Рекомендуемая литература	35

## ВВЕДЕНИЕ

Основная цель полевой практики по физиологии растений – закрепление и углубление теоретических знаний, полученных в процессе обучения, освоение физиологических и биохимических методов исследования растительных организмов, приобретение опыта и навыков самостоятельной научно-исследовательской работы.

Для достижения поставленной цели решается ряд **задач**:

- приобретение навыков планирования и проведения научно-исследовательских экспериментов;
- освоение правил пользования специальным оборудованием, а также необходимых экспериментальных методов работы;
- реферирование научной литературы.

Исходя из поставленной цели, все работы, связанные с производственной практикой, проводятся согласно традиционной сложившейся методике (экскурсии, лабораторные занятия и индивидуальные тематические задания).

В БГУ полевая практика проводится на базе Ботанического сада БГУ, который находится в п. Орешкова, на территории которого имеется учебно – лабораторный корпус.

Во время практики запланирована экскурсия в дендрарий, где обучающиеся знакомятся с общими условиями района проведения практики и видами растений.

## **Экскурсия в дендрарий Ботанического сада БГУ. Общее знакомство с природными условиями района практики.**

**Цель:** Научиться различать разные виды растений; типы фенофаз.

**Задачи:** прививать практические умения и навыки по определению деревьев по силуэтам, почкам; прививать навыки поведения в природе; учить понимать красоту зимней природы, бережно относиться к ней.

**Оборудование:** блокноты, карандаши, ручные лупы

### **Объяснение:**

Деревья, кустарники и цветы украшают нашу жизнь, радуют, возвышают, облагораживают человека делают его более воспитанным к красоте природы, музыке, стихам, живописи, очищают воздух, обогащают его кислородом.

Вот почему мы должны не только охранять природу, но и обогащать ее. Чтобы справиться с этой задачей, необходимо любить по-настоящему окружающую нас природу, научиться преумножать ее богатства.

Дендрарий – слово греческое, а в переводе на русский язык означает ботанический сад.

То есть дендрарий – участок, где в открытом грунте культивируются различные виды деревьев и кустарников. Здесь высаживаются древесные растения местной флоры и растения, завезенные из других географических районов.

Создавая дендрарий, мы заботились о том, чтобы его устройство было рациональным, комфортабельным, способствовало развитию у учащихся эстетического вкуса, помогало в изучении биологии и других дисциплин. Поэтому растения местной флоры высадили в первый год освоения участка. Растения других зон собираем постепенно во время экскурсий, летних поездок учителей и учащихся.

Дендрарий имеет опрятный вид, т. к. учащиеся трудятся не только над созданием нужного, полезного людям и природе, но и создают прекрасное. Их труд носит исследовательский и созидательный характер. Познание и творческий труд едины в своей основе. Василий Александрович Сухомлинский сказал об этом: “Чем сильнее стремление к познанию, тем с большим интересом работают дети, тем глубже раскрывается исследовательский характер труда. Поток информации из окружающего мира становится особенно сильным стимулом познания при условии, когда мыслить помогают руки, когда в труде ребенок стремится найти ответ на волнующие его вопросы”.

### **Фенологические наблюдения**

В дендрарии за каждым растением учащиеся ведут тщательные фенологические наблюдения. Фенология (феномен - явление, логос – наука) - наука, изучающая сезонные явления природы.

Еще Петр I приказал присылать ему в Петербург из разных мест листья деревьев, пришитые к бумаге, с указанием места и точной даты их распускания.

Как наука фенология в нашей стране начала развиваться в конце прошлого столетия благодаря усилиям замечательного знатока и большого любителя природы Д.Н. Кайгородова. По всей стране была создана сеть систематически работающих пунктов фенологических наблюдений, что дало возможность сопоставлять природные явления.

На практике студенты также ведут фенологические наблюдения.

Свои наблюдения за растениями учащиеся записывают в дневники наблюдения, затем материал обобщаем, делаем выводы, заключения в виде календарей наблюдений, таблиц схем, рисунков, диаграмм.

### **Список видов в дендрарии БС БГУ**

- Абрикос сибирский (*Armeniaca sibirica* (L.) Lam)
- Бархат амурский (*Phellodendron amurense* Rupr.)
- Бересклет Маака (*Euonymus maackii* Rupr.)
- Бересклет крылатый (*Euonymus alatus* (Thunb.) Siebold)
- Бересклет священный (*Euonymus sacrosancta* L.)
- Бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosus* Scop.)
- Бересклет европейский (*Euonymus europaeus* L.)
- Боярышник зеленомясый (*Crataegus chlorosarca* Maxim.)
- Бузина сибирская (*Sambucus racemosa* ssp. *sibirica* (Nakai) H. Hara)
- Груша уссурийская (*Pyrus ussuriensis* Maxim.)
- Гортензия метельчатая (*Hydrangea paniculata* Siebold)
- Дуб монгольский (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.)
- Ель сибирская ф. голубая (*Picea obovata* Ledeb. *coerulea* Malyshev)
- Курильский чай (*Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz)
- Малина душистая (*Rubus odoratus* L.)
- Орех маньчжурский (*Juglans mandshurica* Maxim.)
- Пузыреплодник калинолистный (*Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim.)
- Смородина альпийская (*Ribes alpinum* L.)
- Смородина золотистая (*Ribes aureum* Pursh)
- Смородина двуиглая (*Ribes diacantha* Pall.)
- Снежноягодник белый (*Symphoricarpos albus* var. *laevigatus* (Fernald) S. F. Blake)
- Спирея японская (*Spiraea japonica* L.)
- Трескун амурский (*Syringa amurensis* Rupr.)
- Туя западная (*Thuja occidentalis* L.)
- Черемуха виргинская (форма пурпурная) (*Padus virginiana* (L.) Mill.)
- Чубушник венечный (жасмин) (*Philadelphus coronarius* L.)
- Форзиция яйцевидная (*Forsythia ovata* Nakai)
- Ясень маньчжурский (*Fraxinus mandshurica* Rupr.)
- Жимолость покрывальная (*Lonicera involucrata* (Richardson) Banks ex Spreng.)
- Жимолость татарская (*Lonicera tatarica* L.)
- Клен ясенелистный (*Acer negundo* L.)
- Ива сизая (*Salix glauca* L.)
- Мирикария лисохвостниковая (*Myricaria bracteata* Royle)

- Рябинник рябинолистный (*Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Braun)
  - Тополь пирамидальный (*Populus italica* (Du Roi) Moench)
  - Рябина: сорт «Титан»
  - Калина: сорта «Шукшинская», «Таежные рубины»
  - Жимолость: сорта «Герда», «Голубое веретено»
- Можжевельник: сорта «Голубая звезда», «Голубой принц»

**Этапы работы фенологических наблюдений следующие:**

1. Работа учащихся в дневниках наблюдений;
2. Подведение итогов об изменениях, которые происходят;
3. Итоговое обобщение сезонных явлений за год.

Первая половина мая: бузина красная - смородина черная - черемуха - волчье лыко - малина - лиственница сибирская - смородина красная - береза бородавчатая - лиственница европейская - бересклет бородавчатый - ива ломкая - ветла и орешник (лещина) - рябина - боярышник - тополь - вяз - клен ясенелистный - ольха серая и черная - шиповник - черника - калина - клен остролистный - липа мелколистная - осина - крушина ломкая.

Вторая половина мая: дуб - ясень обыкновенный.

По тем же данным, сроки начала цветения у древесно-кустарниковой растительности наступают в следующем порядке.

Вторая половина апреля: ольха серая - орешник (лещина) - ольха черная - ветла - волчье лыко - осина - вяз.

Первая половина мая: лиственница европейская и сибирская - тополь - береза бородавчатая - клен ясенелистный - ива ломкая - клен остролистный, черника - ясень обыкновенный - смородина красная - черемуха.

Вторая половина мая: бузина красная - смородина черная - ель обыкновенная - дуб летний и зимний - рябина - сосна - боярышник - голубика - бересклет бородавчатый - крушина ломкая.

Первая половина июня: шиповник - малина - калина. Липа зацветает только в первой декаде июля, а вереск (кустарничек, распространенный в сосновых борах) - в последней декаде.

Многие деревья и кустарники зацветают значительно раньше появления листьев. Например, начало цветения у ольхи серой наступает в среднем на 24 дня раньше начала облиствения, ольхи черной - на 22, орешника (лещины) - на 20, осины - на 16, ветлы - на 15, вяза на 10 дней раньше. У кленов, тополей, лиственниц начало цветения опережает начало облиствения на 3 - 5 дней. У березы эти сроки совпадают.

Плоды или семена созревают в такой последовательности.

Первая половина июля	
Осина	Семена по мере созревания разлетаются
Вяз	Висят на дереве недолго
Тополь	Семена по мере созревания разлетаются
Вторая половина июля	
Черника	Ягоды скоро опадают

Бузина красная	Ягоды остаются на ветвях до высыхания мякоти
Смородина черная	Ягоды держатся на ветвях 2 недели
Малина	После созревания опадают
Волчье лыко	Держатся недолго
Береза бородавчатая	Разлетаются после созревания в течение 3-4 недель
<b>Первая половина августа</b>	
Крушина ломкая	Держатся долго
Рябина	Держатся долго
<b>Вторая половина августа</b>	
Шиповник	Долго остаются на кустах
Бересклет	Держатся недолго
Черемуха	Держатся 2-3 недели
<b>Первая половина сентября</b>	
Орешник (лещина)	Скоро опадают
Калина	Держатся до сильных морозов
Дуб	Держатся недолго
<b>Вторая половина сентября</b>	
Клен ясенелистный	Держатся недолго
Боярышник	Остаются на кустах долго
Липа мелколистная	Остаются на дереве до марта следующего года
<b>Вторая половина октября</b>	
Ольха черная и серая	Семена выпадают из шишек до конца зимы
Ель	Семена выпадают из раскрывшихся на дереве шишек через 7-9 месяцев после цветения, в январе-марте, шишки опадают в год вылета семян
Лиственница	Семена выпадают из раскрывшихся на дереве шишек в ноябре. После высыпания семян шишки не опадают 2-3 года
Сосна	Семена созревают в ноябре через 18 месяцев, а выпадают после цветения в марте-мае (через 22 месяца). Период лета семян продолжается около 45 дней

Ясень обыкновенный	Опадают зимой
-----------------------	---------------

Знание последовательности поспевания семян древесных и кустарниковых пород имеет большое значение для своевременного их сбора.

*Для первого периода* характерно начало сокодвижения у клена ясенелистного. Этот период наступает в последней декаде марта. Позднее, в первой декаде апреля, можно наблюдать сокодвижение березы. Выясняют начало движения сока так: заранее готовят в стволах дырочки и ежедневно следят за ними. Отверстия должны проходить через кору и пробивать древесину неглубоко, не более сантиметра, чтобы не портить дерево. После окончания наблюдений отверстие необходимо замазать глиной, замазкой или варом.

Дятлы часто лакомятся соком клена и березы, пробивая клювом вокруг стволов отверстия. В конце этого периода цветет мать-и-мачеха.

*Второй период* - начало зацветания орешника совпадает с зацветанием ольхи серой (вторая декада апреля). Потрясите немного ветки - пыльца вылетает облачком. Это началось цветение орешника. Зацветают также ранние ивы, например ива-бредина. Яркие желтые мужские соцветия ивы украшают лес, дают аромат. Ивы - растения двудомные. Несколько позднее цветут осина, вяз (апрель-май), до распускания листьев. Обратим внимание на крупные цветочные почки вяза - из них позднее разовьется ряд соцветий. Из лесных трав цветет чистяк люточный на южных склонах, начинает ярко зеленеть трава.

*Третий период* - зацветание березы бородавчатой (первая декада мая). Листья у березы уже распустились. Лес зазеленел. Зацветают тополь, клен, черемуха, вишня, бузина, смородина, из дикорастущих - сурепка, одуванчик, лесная земляника.

*Четвертый период* - наиболее яркая пора весны (последняя декада мая). Зацветает желтая акация. Цветут плодовые деревья. Цветет рябина, что указывает на конец весны. Зацветает дуб. Пылит сосна. Массовое цветение трав. Весна постепенно переходит в лето. Начало лета определяется зацветанием шиповника и раскидистого колокольчика, отмечается цветением липы, созреванием плодов земляники, малины, вишни, появлением съедобных грибов и пр.

I декада июня - массовое рассеивание плодов вязов; летит "пух" с семенами бредины и осины; у березы бородавчатой закладываются мужские сережки, цветет ландыш, шиповник.

II декада июня - начинают рассеиваться плоды тополя, цветут лапчатка серебристая, калина, крушина ломкая, начинают зацветать любка двулистная, крапива двудомная, василисник водосборнолистный, созревают плоды земляники лесной.

III декада июня - появляются грибы (березовики, подосиновики), зацветают зверобой, гвоздика травяная, кипрей (иван-чай).

Вторая половина июня и начало июля - пора пышного расцвета травянистой растительности.

I декада июля - созревают плоды черники, ирги, цветет лопух, пижма (дикая рябинка), полынь, вербейник, зацветает липа, созревают семена березы бородавчатой.

II декада июля - начинается спорообразование у папоротников, созревают плоды жимолости, продолжается цветение липы, цветет вех ядовитый (цикута), таволга, созревают плоды бузины красной, малины, костяники.

III декада июля - цветет череда, зверобой, горечавка, начинают созревать и рассеиваться семена желтой акации, рассеиваются семена березы бородавчатой, цветет вереск.

I декада августа - продолжается массовое рассеивание семян березы, созревают ягоды черемухи, крушины ломкой, брусники, буреет скорлупа орехов лещины.

II декада августа - начинают краснеть плоды рябины, шиповника.

III декада августа - созревают плоды бересклета.

I декада сентября - созревают плоды калины, орешника (лещины), желуди.

Осенью интересно провести наблюдение над листопадом. Многие деревья и кустарники еще задолго до того, как сбросить свой летний наряд, постепенно полностью меняют зеленую окраску листвы.

Черемуха, бересклет, а затем орешник, рябина, клен и осина уже в двадцатых числах сентября приобретают осеннюю расцветку, хотя до конца листопада остается еще 2 - 3 недели. Конец листопада обычно наступает в такой последовательности: в первой половине октября полностью теряют листву черемуха и вяз, затем липа, клен, ясень, орешник, осина; во второй половине - рябина, калина, ольха, береза, бузина, ива. У лиственницы европейской хвоя осыпается только в десятых числах ноября.

Листопад - одно из биологических приспособлений растений к неблагоприятным условиям зимы. Ведь и в зимний период листья продолжали бы испарять влагу, которую, однако, корни растений не смогли бы восполнить из-за промерзания почвы. Под тяжестью снега на широкой листовой поверхности ломались бы ветви. Листопад существует у всех древесных и кустарниковых пород, но одни из них теряют листья полностью с наступлением неблагоприятного времени года, у других же листопад происходит постепенно и растения остаются всегда зелеными. Так, хвоя ели живет в течение 5 - 7 лет, хвоя сосны 2 - 3 года. Устьица хвои, через которые происходит испарение, очень глубоко скрыты в листовой ткани, хвойные могут на зиму закрывать их и полностью прекращать испарение.

Учащиеся ведут фенологические наблюдения за растением. В условиях фенофазы:

1. Период относительного покоя почек (осенне-зимний период).



2. Начало вегетации (начало распускания почек - почечные чешуи разошлись, видны зеленые листья).
3. Окончание вегетации (массовый листопад - опало более 50% общего количества листьев).
4. Начало цветения (появление первых распутившихся цветков). Для калины обыкновенной отмечаем начало распускания стерильных и фертильных цветков. Распускание стерильных цветков происходит на 3-9 дней раньше.
5. Окончание цветения (отцвели последние цветки).

**Программа фенологических наблюдений над древесными растениями**  
(сокращенный вариант)

*I. Растения на ювенильном этапе онтогенеза* Развитие подсемядольной части растения: появление всходов (С); распускание семядолей (С<sup>2</sup>).

Развитие надсемядольной части растения: распускание (раскрывание) зародышевой почки (Пп<sup>1</sup>); распускание ювенильных листьев (Лп<sup>1</sup>); начало и окончание роста осевого побега в длину (Пп<sup>2</sup> и Пп<sup>3</sup>); опробковение побега по всей длине (Пи ); расцветивание отмирающих ювенильных листьев (Лп<sup>2</sup>); опадение ювенильных листьев (Лп<sup>3</sup>).

*II. Растения на виргинильном и последующих этапах онтогенеза*

**Наблюдения над вегетативными побегами.** Растение в состоянии покоя; почки не имеют признаков роста (Пб<sup>0</sup>). Рост вегетативных материнских почек \*: набухание почек (Пб<sup>1</sup>); распускание почек (Пб<sup>2</sup>).

Рост и формирование побегов продолжения: начало (Пб<sup>3</sup>) и окончание (Пб<sup>4</sup>) роста побегов в длину; опробковение побегов в основания (Пб<sup>5</sup>) и по всей длине (Пб<sup>6</sup>).

Формирование и отмирание листьев: распускание листьев (Л<sup>1</sup>); расцветивание отмирающих листьев (Л<sup>3</sup>); опадение листьев (Л<sup>4</sup>).

Формирование почек возобновления: обособление на побегах почек в виде мелких зеленых бугорков (Пч<sup>1</sup>); опробковение с поверхности наружных чешуи почек (Пч<sup>2</sup>).

**Наблюдения над генеративными и генеративно-ростовыми побегами \*\*.** Генеративные (генеративно-ростовые) почки находятся в состоянии покоя (почки не имеют признаков роста) - (Ц<sup>0</sup>).

Рост генеративных (генеративно-ростовых) почек: набухание почек (Ц<sup>1</sup>); распускание почек (Ц<sup>2</sup>).

Бутонизация и цветение\*\*\*: бутонизация (Ц<sup>3</sup>); начало цветения (Ц<sup>4</sup>), окончание его (Ц<sup>5</sup>).

Формирование и созревание плодов (шишек) и семян: заложение плодов или шишек (Пл<sup>1</sup>); созревание плодов (шишек) и семян (Пл<sup>3</sup>).

Распространение зрелых семян: опадение зрелых плодов (шишек) с семенами или высыпание семян из плодов и шишек (Пл<sup>4</sup>).

\* Материнскими называются почки, формирующиеся на растущих или за-кончивших рост побегах. Почки возобновления, которые закладываются (образуются) в материнских

почвах, называют дочерними. После распускания материн-ской почки и вырастания из нее побега продолжения заложенные на этом побеге дочерние почки сами становятся материнскими.

**\*\*** Генеративные побеги связаны только с образованием генеративных орга-нов; закладываются они в функционально генеративных (цветковых) почках и после окончания цветения или созревания семян отмирают. Генеративно-росто-вые побеги служат для образования как генеративных, так и вегетативных орга-нов, они закладываются в генеративно-ростовых (смешанных) почках. После окончания цветения или созревания семян на побегах этого типа отмирает их генеративная часть, а вегетативная сфера сохраняется для выполнения функций вегетативных побегов.

**\*\*\*** У голосеменных растений фазе бутонизации соответствует фаза обособле-ния на побегах микро- и макростробилов, а фазе цветения - фаза пыления.

### Ход работы:

После ознакомительной беседы каждое звено получает задания для самостоятельной работы:

**1.** Определите и опишите форму кроны, цвет коры и расположение чечевичек:

- I звено – ильма приземистого
- II звено – дуба монгольского
- III звено – клена ясенелистного
- IV звено – липы маньчжурской
- V звено – бересклета Маака

**2.** Рассмотрите почки и определите, как они расположены на стебле, в чем их приспособленность к перезимовке:

- I звено – березы бородавчатой
- II звено – ильма приземистого
- III звено – рябины сибирской
- IV звено – клена ясенелистного
- V звено – дуба монгольского

**3.** Выясните, какие кустарники растут в дендрарии БГУ. Какова окраска их коры? Как располагаются почки на стебле? Данные запишите в блокнот.

В качестве примера привожу описание одного из растений дендрария – калины Гордовина.

Калина Гордовина:

- 1. Жизненная форма - кустарник.
- 2. Семейство: жимолостных
- 3. Родовое название: калина - получила от лат. *viere* - плести или *vimsci* - плетеная работа, корзина. Действительно, молодые гибкие побеги калины ранее широко использовали в качестве материала для плетения всевозможных изделий.

4. Биологические особенности: морозостойкое и теневыносливое растение (но цветение и плодоношение обильное при хорошем освещении).

Цветет обычно в мае-июне. Фенологи начало цветения калины принимают за переходный рубеж между весной и летом. Плоды калины обыкновенной - однокосточковые костянки красного цвета, созревают в

сентябре и долго, вплоть до конца зимы, остаются на ветвях. Растение плодоносит ежегодно и обильно, при полной сохранности урожая с одного куста собирают до 40-50 кг ягод.

5. Размножение: семенами и вегетативным путем: зелеными и одревесневшими черенками, отводками, делением куста, порослью, прививкой.

6. Посадка: использовать 2-4 летние саженцы. Их высаживают в ямы размером 30 \* 40 см., в которые предварительно вносят по ведру перегноя или торфа и около 0,5 кг древесной золы. Прежде чем посадить саженец присыпают удобренную почву в посадочной яме небольшим слоем плодородной земли (без удобрения). После этого производят посадку на уровне или несколько ниже уровня поверхности почвы. После посадки почву уплотняют, поливают, мульчируют торфом или перегноем.

7. Уход: при дальнейшем уходе за саженцами специальной обрезки не требуется. Если же обрезка необходима, то ее лучше проводить после цветения (в июне – июле), т.к. цветочные почки калины закладываются в год предшествующий цветению. Последующий уход за калиной заключается в периодической вырезке сухих, поврежденных побегов, подкормке, защите от вредителей.

На выполнение самостоятельной работы отводится 10-15 мин.

4) Выводы по лабораторной работе.

## **РАЗДЕЛ 1. Методика полевого опыта на практике**

Полевой опыт – основной метод исследования в полеводстве, овощеводстве и плодоводстве. Он используется для разработки и научного обоснования различных агротехнических приемов. Основные практические рекомендации по возделыванию сельскохозяйственных культур строятся на результатах полевых опытов.

Полевой опыт – исследование, осуществляемое в полевой обстановке на специально выделенном участке. Значение полевого опыта – установление влияния факторов жизни, условий и приемов возделывания на урожайность и качество растений.

Методика полевого опыта включает:

- число вариантов;
- площадь делянок и их форм;
- количество повторностей;
- схемы размещения вариантов на территории опытного участка;
- методы учета урожая;
- организацию опыта во времени.

Основная единица полевого опыта – **делянка** (часть площади опыта, имеющая определенный размер и форму, предназначенная для размещения на ней отдельного варианта опыта).

Полевой опыт включает опытные и контрольные варианты.

Опытный вариант представляет изучаемое растение, сорт, условие возделывания, агротехнический прием или их сочетание. Вариант, с

которым сравнивают опытные варианты, называют **контролем** или **стандартом**. Опытные и контрольные варианты составляют схему опыта.

Число вариантов в схеме любого опыта – заранее заданная величина, определяющаяся его содержанием, целью и задачами. Для проведения школьных полевых опытов намечают не более четырех вариантов. С увеличением числа вариантов увеличивается площадь под опытом и расстояние между сравниваемыми вариантами. При большом числе вариантов труднее разместить опыт в пределах однородной по почвенному плодородию земельной площади.

**Повторность опыта.** Чтобы получить, возможно, точное представление об истинном урожае растений того или иного варианта, необходимо делянку с этим вариантом повторить несколько раз на площади опытного участка.

Число одноименных делянок каждого варианта называется **повторностью**. Повторность опыта должна быть 3-4-кратная. Опыт проводится в течение трех лет для получения надежных результатов и достоверных данных.

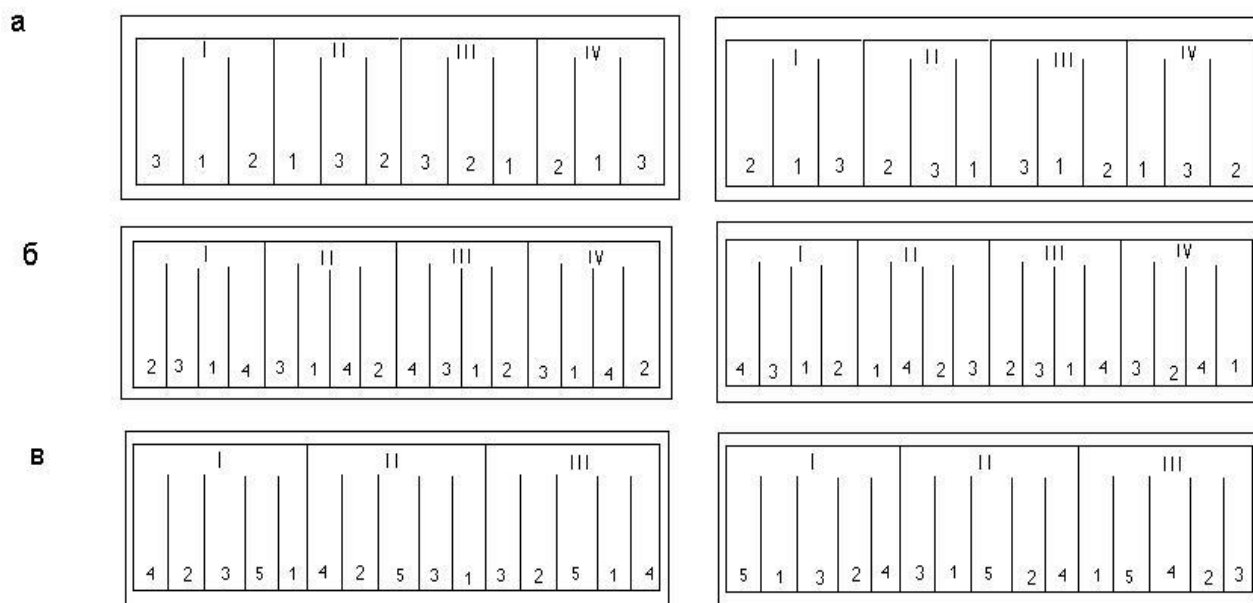
#### **Методы размещения повторений и вариантов на площади**

Повторение – земельный участок определенного размера и формы, предназначенный для размещения полного набора вариантов схемы опыта.

Существуют несколько способов размещения вариантов и повторений на площади. Основная задача любой системы размещения – стремление к наибольшему охвату каждым вариантом опыта пестроты опытного участка.

*Систематическое размещение* – такое размещение, которое предусматривает равномерное распределение одноименных вариантов всей площади опытного участка.

Делянки в опыте размещают в один ряд (одноярусное расположение) (рисунк 1) или в несколько рядов (многоярусное расположение) (рисунк 2), в зависимости от конфигурации участка и его выравнинности.



**Рис.1.** Одноярусное размещение делянок

*Примечание.* I, II, III и IV – повторения; а – три варианта и четыре повторности; б – четыре варианта и четыре повторности; в – пять вариантов и три повторности.

Случайное, или *рандомизированное* (random – случай),

а  
вариантов. Порядок вариантов в каждом повторении определяется жребием. Варианты нумеруют или обозначают буквами.<sup>2</sup> Эти обозначения пишут на карточках. Затем карточки перетасовывают и вынимают по одной. Варианты в повторении размещают на делянках в последовательности, определенной жребием (случаем). Для каждого повторения проводится своя рандомизация вариантов.



**Рис. 2.** Многоярусное размещение делянок

*Примечание.* I, II, III и IV – повторения; а – четыре варианта и четыре повторности; б – пять вариантов и четыре повторности.

#### **Площадь и форма делянки**

Полевой опыт ставят на делянках, имеющих определенный размер. Размер делянки должен обеспечивать удобство работы.

На практике установлено, что оптимальная площадь делянки полевого опыта составляет около 100 м<sup>2</sup>. Чем больше высевается семян на единицу площади, тем меньшим может быть минимальный размер делянки. У льна хорошая точность опыта достигается при размерах делянок 25-50 м<sup>2</sup>, у зерновых – 50-100 м<sup>2</sup>, а у пропашных – 100-150 м<sup>2</sup>.

В опытах с плодовыми и овощными культурами площадь делянки может значительно отклоняться от 100 м<sup>2</sup>.

Таким образом, полевые опыты следует ставить на делянках, обеспечивающих нормальное проведение всех агротехнических работ.

На учебно-опытном участке школы устанавливают следующие размеры делянок:

– для опытов – 5-25 м<sup>2</sup>;

– на селекционно-генетическом и коллекционном участках – 1-2 м<sup>2</sup>.

Делянки могут быть квадратными, прямоугольными и удлиненными.

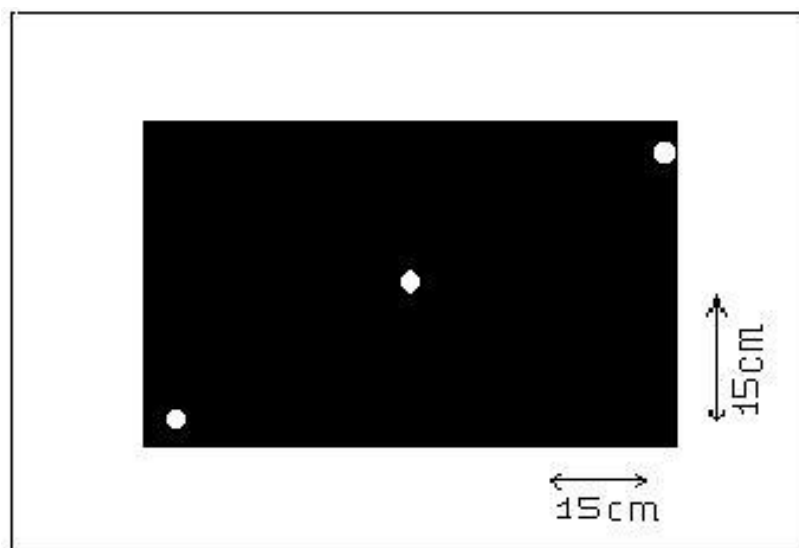
В опытах с удобрениями рекомендуется форма делянки, близкая к квадрату.

В этом случае при любой системе расположения делянок получается минимальное расстояние между вариантами опыта и создается возможность лучше сравнивать их между собой.

Для исключения влияния растений соседних вариантов выделяют защитные полосы, которые размещают вдоль длинных сторон делянок. Ширина защитной полосы может быть в пределах 0,5–1,5 м. Выделяют концевые защитки шириной 2 м для предохранения учётной части делянки от случайных повреждений. Если используется на учебно-опытном участке техника, такие защитные полосы могут быть до 5 м.

***Методика отбора проб для морфологического анализа и физиологических исследований растений***

Отбор проб производится с учетом площади (рисунок 3) на каждой делянке (повторности опыта).



**Рис. 3.** Учетная площадка

С каждой делянки (повторности) в качестве образцов используются 3 растения. Их берут на расстоянии 15 см от края делянки, т. к. краевые растения находятся в несколько иных условиях (вблизи дорожек почва обычно уплотнена). Рекомендуется брать растения, растущие друг от друга на равном расстоянии по диагонали учетной площади делянки. Растения отбираются, руководствуясь лишь равноудаленностью друг от друга, независимо от внешних различий выбранных образцов.

В том случае, если общее количество растений на делянке небольшое и они достаточно крупных размеров (например, картофель), разрешается использовать в опыте одно растение с делянки. При этом выбирают наиболее типичное для данной делянки растение. Одновременно производится анализ растений всех вариантов опыта в трехкратной повторности. Повторности соответствуют числу делянок в одном варианте.

Следует особо отметить, что недопустимо сначала определять морфологические и, особенно, физиологические показатели для одного варианта (1–3 повторности), затем для другого и т. д. Сначала необходимо получить данные для первых повторностей всех вариантов опыта, затем – для вторых, потом – для третьих.

Результаты определений, полученные для каждой повторности данного варианта (обычно их 3), складывают и делят на число повторностей, определяя среднее арифметическое значение для данного варианта. Средние арифметические значения по всем вариантам опыта вносят в окончательную таблицу. Для определения достоверности различий между вариантами проводят статистическую обработку результатов, определяя величины среднего квадратичного отклонения и нормированного отклонения.

*Примечание.* Чтобы избежать уничтожения большого количества растений на делянках, следует использовать взятые растения для одновременного изучения всех морфологических показателей и определения абсолютно сухой массы листьев и других органов.

Определение физиологических показателей можно проводить, используя один и тот же лист или рядом расположенные листья одного яруса в том случае, если растения достаточно больших размеров с хорошо развитыми листьями. Физиологические исследования в таком случае проводятся на листьях среднего яруса.

### **Тема 1 «Водный режим»**

#### **РАБОТА 1**

#### **Определение местоположения и количества устьиц на площадь листа**

Регуляция водного режима растений осуществляется благодаря работе устьичного аппарата. Для растений разных экологических групп характерны значительные различия в размере и количестве устьиц на единицу площади листа. Размеры устьиц колеблются в пределах 0,01– 0,06 мм. Количество устьиц на 1 мм<sup>2</sup> листовой поверхности варьирует от 10 до 700, что (наряду с другими факторами) обеспечивает приспособление растений к условиям водоснабжения. У растений умеренного климата, к которым относятся большинство культурных растений, плотность устьиц составляет 50–300 на 1 мм<sup>2</sup> листа (пшеница – 60, капуста – 240, яблоня и слива – 250, подсолнечник – 325). У обитателей засушливых мест обитания, например, кактусов на 1 мм<sup>2</sup> находится в среднем 12 устьиц, у традесканции – 7. Для листьев растений влажных мест обитания характерно наибольшее число устьиц на единицу поверхности. Например, на верхней стороне листа кувшинки находится до 500, у листьев лимона и оливкового дерева – 625 устьиц на 1 мм<sup>2</sup>.

**Цель работы:** определить местоположение и количество устьиц у разных растений.

**Материалы и оборудование:** различные растения (бальзамин, герань, бегония, толстянка, деревья и кустарники), дистиллированная вода, микроскоп, предметные и покровные стекла, окуляр микрометр, объект-микрометр, глазные пипетки, пинцет, препаровальная игла.

#### **Ход работы:**

1. Снять эпидермис с верхней и нижней стороны листа и приготовить в капле воды микропрепараты.
2. Рассмотреть микропрепараты с использованием объектива ВИ х 40 (водная иммерсия), определить местоположение и количество устьиц

в поле зрения (на один образец не менее 10 полей зрения). Данные занести в таблицу.

3. Определить площадь поля зрения при помощи окуляр - микрометра и объект микрометра.
4. Рассчитать количество устьиц на 1 мм<sup>2</sup>.
5. Сделать выводы.
6. Оформление результатов:

№	Объект	Наличие устьиц		Количество устьиц, шт.	
		Нижняя сторона	Верхняя сторона	Нижняя сторона	Верхняя сторона
1.					
2.					
3.					
4.					

## Лабораторная работа 2

### «Сравнение транспирации верхней и нижней стороны листа у разных экологических групп растений хлоркобальтовым методом (методом Шталя)»

*Вводное пояснение.* Если прижать к листу предварительно высушенный кусок фильтровальной бумаги, пропитанной раствором хлористого кобальта, то бумага, поглощая выделяющиеся в процессе транспирации водяные пары, будет менять свою голубую окраску (цвет обезвоженного  $\text{CoCl}_2$ ) на розовую (цвет кристаллогидрата  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ). По скорости порозовения можно судить об интенсивности транспирации.

*Цель работы.* У вегетирующих комнатных растений сравнить транспирацию верхней и нижней сторон листьев; выяснить причину неодинаковой транспирации.

*Материалы и оборудование:* свежие листья комнатных растений (гортензия, традесканция и др.); куски фильтровальной бумаги размером 3х3см, пропитанные раствором  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  и высушенные в термостате до голубого цвета, помещенные в эксикатор; полиэтилен размером 10х15см; скрепки канцелярские; микроскоп; лезвия бритвы; покровные стёкла; препаровальные иглы; стакан с водой.

*Ход работы.* Взять пинцетом 2 кусочка хлоркобальтовой бумаги поместить их в согнутый пополам полиэтилен и немедленно закрепить на растении скрепками, чтобы лист находился между кусочками хлоркобальтовой бумаги. Листья с растений срывать необязательно. К хлоркобальтовым бумажкам не притрагиваются пальцами, от которых могут остаться розовые пятна.

Наблюдают, через сколько минут порозовеет хлоркобальтовая бумажка на верхней и нижней сторонах листа. По скорости порозовения судят, с какой стороны транспирация идёт быстрее.



По окончании опыта исследуют под микроскопом эпидермис верхней и нижней сторон листа какого-либо одного растения, например, традесканции. Подсчитывают число устьиц в поле зрения микроскопа. Для этого просматривают по 3 – 5 полей зрения каждого препарата и вычисляют среднее.

Эпидермис верхней и нижней сторон листа зарисовывают. Делают выводы о причинах различной интенсивности транспирации сторон листа данного растения и соотношении между устьичной и кутикулярной транспирации.

Результаты опыта записывают в таблицу:

Сторона листа	Время наблюдения		Время поро- зовения бу- мажки, мин.	Число устьиц в поле зрения микро- скопа, шт.	
	начало опыта	конец опыта		отдельные подсчеты	среднее
Верхняя					
Нижняя					

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Различается ли транспирация верхней и нижней сторон листа?
2. Чем вызвана эта разница и у листьев всех ли растений она бывает?
3. Как можно провести сравнение транспирации верхней и нижней сторон листа?

### **Лабораторная работа 3**

#### **«Определение интенсивности кутикулярной транспирации»**

*Вводное пояснение.* Различают транспирацию устьичную и кутикулярную. Устьичная транспирация осуществляется через устьичные щели, кутикулярная – клетками эпидермиса. При открытых устьицах одновременно осуществляются обе формы транспирации, при закрытых – только кутикулярная. Если у листа, имеющего устьица только на нижней стороне, замазать эту сторону вазелином, можно определить интенсивность кутикулярной транспирации. С листьями, имеющими устьица на обеих сторонах (кукуруза, бобы, подсолнечник и др.), этот опыт провести нельзя.

**Цель работы.** Провести определение интенсивности кутикулярной транспирации листьев разных растений и листьев одного растения, но разного возраста.

**Материалы и оборудование:** свежие листья плюща, фуксии, цикламена, сирени или других растений с листьями, имеющими устьица на нижней стороне; вазелин; весы; пробирки (2шт.); штатив для пробирок; скальпель; водяная баня.

**Ход работы.** Срезать по возможности два одинаковых листа, имеющих устьица на нижней стороне, смазать нижнюю сторону одного из них тонким слоем вазелина, слегка разогретого на водяной бане. Взвесить листья на весах с точностью до сотых долей грамма, отметить время и

поставить их черешками в пустые пробирки. Через 20-30 минут повторить взвешивание.

Результаты взвешивания записать в таблицу:

Растение	Вариант опыта	Масса листа, г		Испарилось воды, г	Транспирация, % от общей	
		ис	в конце		кутику	устыичная
		ходная	опыта		лярная	
	Без вазелина			а		
	С вазелином			б		

Уменьшение массы не обработанного листа (а) характеризует общую транспирацию (устыичная + кутикулярная), обработанного вазелином (б) – кутикулярную транспирацию. Составив пропорцию, находим кутикулярную транспирацию листа, выраженную в процентах.

В выводах сопоставить интенсивность кутикулярной транспирации листьев разных растений, а также листьев разного возраста одного и того же растения.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Как можно определить величину устьичной и кутикулярной транспирации у растений?
2. Почему у листьев, имеющих устьица на обеих сторонах листа, нельзя определить интенсивность кутикулярной транспирации?

### **Лабораторная работа 4**

#### **«Определение интенсивности транспирации весовым методом»**

*Вводные пояснения.* Транспирация – это физиологическое испарение воды растением. Главный орган транспирации – лист, испаряющий воду через устьица (устыичная транспирация), отчасти транспирация может происходить через кутикулу (кутикулярная транспирация). Интенсивность кутикулярной транспирации в 10-20 раз ниже устьичной.

Низкий водный потенциал атмосферы обуславливает испарение воды в процессе транспирации и непрерывное перемещение её от корня к листьям по градиенту водного потенциала. Небольшая величина водного потенциала характерна для почвы, несколько ниже – для клеток корня, ещё ниже – для клеток листа и наиболее низкая – для воздуха. Например, если водный потенциал хорошо увлажнённой почвы составляет 50 кПа\*, в корне небольшого дерева – 200 кПа, в листьях – 1500 кПа, в воздухе при относительной влажности около 50 % и температуре 22° – около 100 000 кПа. Благодаря транспирации всё растение обеспечивается водой и

поддерживается в тургорном состоянии. Вместе с водой по растению передвигаются органические и минеральные вещества. Количество испаренной воды зависит от многих факторов: вида растения, фазы его развития, температуры воздуха, влажности почвы и воздуха и т.п. Для учета транспирации можно использовать её показатель – интенсивность транспирации. Интенсивность транспирации – это количество воды (г), расходуемое растением единицей его листовой поверхности в единицу времени. Обычно за единицу листовой поверхности берут  $1\text{ м}^2$ , а за единицу времени 1 час. Поэтому интенсивность транспирации выражают в граммах с  $1\text{ м}^2$  за 1 час ( $\text{г}/\text{м}^2\cdot\text{час}$ ). Она зависит от многих факторов и колеблется в пределах  $15\text{--}250\text{ г}/\text{м}^2\cdot\text{час}$ .

Основным методом определения интенсивности транспирации является весовой, основанный на учете потери воды растением при испарении за время опыта. Для выяснения способности растения регулировать транспирацию определяют относительную транспирацию – отношение интенсивности транспирации к интенсивности эвапорации (испарению со свободной поверхности) при тех же условиях.

\*  $1\text{ МПа (Мегапаскаль)} = 10^6\text{ Па}$ ;  $1\text{ кПа} = 10^3\text{ Па}$ ;  $1\text{ атм} = 101,3\text{ Па}$

Этот показатель обычно выражается десятичной дробью 0,1 – 0,5, поднимаясь иногда до 1,0 и опускаясь у некоторых хорошо защищенных от потери воды листьев до 0,01 и ниже.

**Цель работы.** Определить интенсивность транспирации весовым методом с помощью торзионных и технических весов, а также ознакомиться с весовым методом определения площади листа.

**Материалы и оборудование:** комнатные растения (герань, примула и др.); весы; торзионные весы; ножницы; миллиметровая бумага; крышки; чашки Петри; стеклянный колпак; настольная лампа; скальпели; нитки; фильтровальная бумага.

**Ход работы. 1. Определение интенсивности транспирации с помощью торзионных весов (метод Л.А. Иванова).** Установить весы в вертикальном положении и проверить их нулевую точку. Срезать один лист и немедленно подвесить его к коромыслу весов при помощи нитки с петлёй на конце, быстро взвесить и записать время взвешивания. Через 3-5 минут взвесить второй раз. При более длительной экспозиции может начаться завядание листьев. Результаты первого и второго взвешивания записать в таблицу.

**2. Определение интенсивности транспирации с помощью технических весов.** В коническую колбу налить до половины холодной кипяченой воды. Затем с растения герани срезать лист вместе с длинным черешком и конец черешка подрезать под водой примерно на один 1см для восстановления сплошных водяных нитей в проводящих сосудах. После этого опустить лист черешком в приготовленную ранее колбу с водой, укрепив его с помощью ваты.

Колба и лист должны быть сухими. Поверхность воды заливают слоем масла толщенной 3-5 мм, чтобы избежать испарения со свободной поверхности. Колбу с листом взвешивают с точностью до сотых долей грамма и оставляют в условиях лаборатории в течение 60 минут, после чего снова взвешивают и результаты заносят в таблицу.

№№ п/п	Варианты от- вета	Условия опыта	Интенсивность транспирации, г/м <sup>2</sup> • час		Относительная транспирация, %
			листа	водной по- верхности	
1	Контроль	Лабораторные			
2	Повышенная влажность воз- духа	Под стеклян- ным колпаком			
3	Темнота	Тёмный шкаф			
4	Сильный свет	Дополнительное электрическое освещение			
5	Движение воз- духа	Струя от венте- лятора			

Разница в массе показывает количество испаренной воды данной листовой поверхностью за данный промежуток времени.

**Весовой метод определения площади листа.** (Предложен Галлеем в 16 веке). Для определения интенсивности транспирации необходимо знать площадь листа. С этой целью лист накладывают на бумагу, осторожно, чтобы не повредить, прижимают его, и контур листа обводят карандашом. Затем вырезают фигурку листа и взвешивают. Кроме того взвешивают вырезанный из той же бумаги квадрат известной площади, например, 100 см<sup>2</sup>. Площадь листа находят по пропорции:

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{S}$$

где,  $a$  – масса квадрата;  
 $b$  – масса бумажной фигурки листа;  $c$  – площадь квадрата;  
 $S$  – площадь листа

Если для эксперимента был взят не один лист, а побег с несколькими листочками, то для каждого из них вырезаются из бумаги фигурки и все фигурки взвешиваются одновременно.

Интенсивность транспирации ( $Y$ ) вычисляется по формуле:

$$Y = \frac{n \times 60 \times 10000}{s \times t} \quad \text{г} / \text{м}^2 \cdot \text{час}$$

где,  $n$  – количество испаренной воды за время опыта, г;

$s$  – площадь листа, см<sup>2</sup>;

$t$  – продолжительность опыта, мин;

60 – коэффициент перевода минут в часы; 10000 – коэффициент перевода см<sup>2</sup> в м<sup>2</sup>.

**Определение испарения воды с водной поверхности (эвапорация).**

Чтобы убедиться в том, что транспирация не является простым физическим процессом испарения, нужно поставить одновременно с определением интенсивности транспирации опыт по учету свободного испарения. Для этого взвесить одну из половин чашки Петри, наполненную почти до краев водой комнатной температуры и через 30-60 мин сделать второе взвешивание. Между взвешиваниями чашка с водой должна находиться в тех же условиях, при которых учитывалась транспирация.

Интенсивность транспирации со свободной поверхности ( $E$ ) рассчитывают по той же формуле, что и интенсивность транспирации ( $Y$ ). Испаряющую поверхность (площадь чашки Петри) определяют по формуле  $S = \pi r^2$ . Внутренний диаметр чашки измеряют линейкой.

Деля интенсивность транспирации на интенсивность свободного испарения, находят относительную транспирацию.

Определение интенсивности транспирации можно провести, поставив опыт в различных вариантах условий. После завершения опыта

следует сделать сводную таблицу по всем вариантам и проанализировать полученные данные, сделав соответствующие выводы.

№ п/п	Показатели	Цифровые значения по- казателей
1	Масса колбы с листом или листа после первого взвешивания, г	
2	Масса колбы с листочком (или листа) после 2го взвешивания, г	
3	Потеря воды листом за время опыта, г	
4	Масса чашки Петри с водой после 1го взвешивания, г	
5	Масса чашки Петри с водой после 2го взвешивания, г	
6	Потеря воды из чашки Петри за время опыта, г	
7	Масса квадрата из бумаги, г	
8	Масса бумажных фигурок листьев, г	
9	Площадь листьев, см <sup>2</sup>	
10	Площадь чашки Петри, см <sup>2</sup>	
11	Интенсивность транспирации, г/м <sup>2</sup> /час	
12	Испарение со свободной водной поверхности, г/м <sup>2</sup> *час	
13	Относительная транспирация	

На основании величины относительной транспирации (Иот менее 0,5 считается низкой) сделать вывод о регуляции листом процесса транспирации.

**Задачи.** Сравнить интенсивность транспирации:

- 1) старых и молодых листьев;
- 2) листьев на свету и в темноте;
- 3) листьев при нормальном и интенсивном движении воздуха;
- 4) листьев мезофитов и листовых суккулентов;
- 5) листьев традесканции и пеларгонии.

Сделать вывод о влиянии изучаемого фактора на интенсивность процесса транспирации.

### Лабораторная работа 5

#### Определение интенсивности транспирации при помощи торзионных весов (метод Иванова)»

**Цель работы:** определить интенсивность транспирации с помощью торзионных весов.

**Материалы и оборудование:** листья какого-либо растения, торзионные весы, штатив с бруском, секундомер, ножницы, булавки, пинцет, миллиметровая бумага.

#### Ход работы:

1. Установить торзионные весы (рис.1).



Рис 1. Торзионные весы

2. Срезать лист, быстро перенести его на весы и взвесить. Записать массу листа ( $m_1$ ). Данные занести в таблицу.
1. Лист прикрепить к бруску штатива булавками и включить секундомер.
2. За одну минуту сорвать и произвести взвешивание еще четырех листьев того же растения и яруса.
3. Через три минуты после начала транспирации каждого листа произвести повторное взвешивание - это масса листа после транспирации ( $m_2$ ). Данные занести в таблицу.
4. Найти площадь каждого листа (см. работу 14).

Определить интенсивность транспирации по формуле:

$$J = \frac{(m_1 - m_2) \times 60 \times 1000}{S \times t}$$

3 x Сл

7. Сделать выводы, обсуждение результатов.

Вариант опыта	Повторность	$m^1$ , г.	$m^2$ , г.	Сл, $см^2$	J, $г/м^2 \times час$	J ср. $г/м^2 \times час$
	1					
	2					
	3					

	4					
	5					

## Выводы:

### Лабораторная работа «Оводнение растений»

Недостаток влаги в почве и воздухе нарушает водообмен у растений. Снижение оводненности тканей изменяет состояние биокolloидов клетки, что приводит к повреждению тонкой структуры протопласта, существенным сдвигам в состоянии и деятельности всех ферментных систем и, как следствие, к нарушению обмена веществ растения. Уменьшение содержания воды в растении вызывает резкое падение интенсивности фотосинтеза, интенсивность дыхания возрастает, но нарушается сопряженность окисления и фосфорилирования, в результате чего сильно снижается энергетическая эффективность дыхания.

В качестве показателей напряженности водного режима растения используют водный дефицит и дефицит относительной тургесцентности ткани. В обоих случаях сравнивают содержание воды в растительной ткани с количеством ее же в той же ткани, находящейся в состоянии полного тургора.

Для полного насыщения клеток влагой листья выдерживают в воде или увлажненной атмосфере. Общее содержание воды определяют высушиванием листьев при 100–150 °С.

Под водным дефицитом понимают недостающее до полного насыщения количество воды, выраженное в процентах от общего ее содержания при полном насыщении тканей.

В природных условиях полное насыщение листьев водой практически не наблюдается. В большинстве случаев водный дефицит у растений колеблется от 10–12 % до 30–35 %. Этот показатель хорошо коррелирует с водообеспеченностью растений и может быть использован для характеристики водного режима.



Ход работы: взять примерно 1 г высечек из листьев и поместить в предварительно взвешенные абсолютно сухие бюксы, закрыть и немедленно взвесить. Затем диски поместить на поверхность воды в закрытые чашки Петри и оставить для насыщения водой на 2 часа. Далее тургесцентные высечки из листьев достать, просушить снаружи фильтровальной бумагой и взвесить. Для контроля диски поместить в воду и через 30 мин повторить взвешивание. Если масса ткани не изменится, значит, она полностью тургесцентная, т. е. полностью насыщена водой. После этого определить массу абсолютно сухой ткани.

Относительная тургесцентность – величина, показывающая, какую долю в процентах составляет наличное количество воды от ее содержания, обеспечивающего полный тургор.

На основании полученных данных вычисляют водный дефицит растений:

$$d = 100(b - a)/(b - c), \quad (1)$$

где  $a$  – масса бюксы с растительной пробой до насыщения;  $b$  – масса бюксы с растительной пробой после насыщения;  $c$  – масса бюксы с высушенной пробой до абсолютно сухого веса.

Результаты опыта записать в виде [табл. 1](#).

Таблица 1

Определение водообеспеченности растений

Вариант опыта	№ бюксы	Масса бюксы, г	Навеска листьев, г	Масса тургесцентной ткани, г	Масса абсолютно сухой ткани, г	Содержание воды, г	Количество воды, насыщающей листья, г	Водный дефицит, %

## Лабораторная работа 7

### Определение состояния устьиц и межклетников методом Молиша

*Цель работы:* определить влияние внешних условий на состояние устьиц и интенсивность транспирации.

Материалы и оборудование: ксилол (в капельнице), этиловый спирт (в капельнице); бензол (в капельнице), пипетки.

Растение: свежие или подвявшие листья растений, листья растений, находившихся в темноте.

Межклетники листа обычно бывают заполнены воздухом, благодаря чему при рассматривании на свет лист представляется матовым. Если произвести

инфильтрацию, т.е. заполнение межклетников какой-либо жидкостью, то соответствующие участки листа становятся прозрачными.

Определение состояния устьиц методом инфильтрации основано на способности жидкостей, смачивающих клеточные оболочки, проникать в силу капиллярности через открытые устьичные щели в ближайшие межклетники, вытесняя из них воздух, в чем легко убедиться по появлению на листе прозрачных пятен. Разные жидкости способны проникать в устьичные щели, открытые в различной степени: ксилол легко проникает через слабо открытые устьица, бензол – через устьица открытые средне, а этиловый спирт способен проникать только через широко открытые устьица. Данный метод, предложенный Молишем, очень прост и вполне применим для работы в полевых условиях.

#### **Ход работы.**

На нижнюю поверхность листа нанести отдельно маленькие капли бензола, ксилола и этилового спирта. Держать лист в горизонтальном положении до полного исчезновения капель, которые могут либо испариться, либо проникнуть внутрь листа, и рассмотреть лист на свет.

Исследовать листья, выдержанные в различных условиях (свежие и подвявшие, освещенные и затененные и т.п.). Каждый раз исследовать 2-3 листа.

Таблица 1

Влияние внешних условий на степень открытия устьиц

Листья растения	Условия опыта	Состояние устьиц		
		Ксилол	Спирт	Бензол

**Задание:** Результаты записать в таблицу 1, отмечая степень открытости устьиц: широко, средне, слабо. Сделать вывод о влиянии внешних условий на устьичные движения.

**Определение состояния устьиц при помощи отпечатков по Молотковскому.**

**Цель работы:** определение работы устьиц в зависимости от освещенности.

**Материалы и оборудование:** бесцветный лак для ногтей, тонкая стеклянная палочка, пинцет, микроскоп, окуляр-микрометр, объект-микрометр.

**Растения:** комнатные растения, листья которых за 2-3 часа до занятия закрывают светонепроницаемым чехлом.

На поверхность листа наносят тонкий мазок лака. После испарения растворителя образуется пленка, на которой отпечатывается эпидермис с устьицами. Рассматривая полученные отпечатки в микроскоп, можно определить количество и размер устьиц, измерить ширину устьичных щелей.

Данный метод можно использовать не только для лабораторных, но и для полевых исследований (в последнем случае отпечатки хранят до определения в пробирках с водой). Для исследования листьев, устьица которых расположены в углублениях эпидермиса (например, у олеандра), этот метод неприменим, т.к. у таких листьев отпечатки не получаются.

**Ход работы.** Нанести на нижнюю сторону листа при помощи стеклянной палочки каплю раствора лака и быстро размазать тонким слоем. После высыхания снять пленку пинцетом, поместить на предметное стекло и рассмотреть при большом увеличении. Вставить в микроскоп окулярный микрометр и измерить ширину и длину устьичной щели не менее, чем у 10 устьиц и вычислить средние величины.

Определить цену деления окулярного микрометра. Для этого поместить на предметный столик микроскопа объект-микрометр, каждое деление которого равно 0,01 мм или 10 мкм. Поворачивая окуляр совместить обе шкалы так, чтобы их шкалы были параллельны и одна перекрывала другую. Определение цены деления окулярного микрометра проводится по принципу нониуса, т.е. совмещают одну из черточек шкалы окулярного и объективного микрометра и находят следующее совмещение. Найти совпадающие линии и определить, сколько делений окулярного микрометра А соответствуют делениям объект-микрометра В, находящегося между совмещенными точками. Цена деления окулярного микрометра определяется по формуле:

Цена деления =  $B \cdot 10 \text{ мкм} / A$ .

Умножив длину и ширину устьичных отверстий, выраженных в делениях окулярного микрометра, на цену одного деления, найти абсолютные размеры устьичных щелей. Вычислить площадь устьичной щели с некоторым приближением путем умножения длины на ширину.

Исследовать листья разных ярусов одного и того же растения, а также хорошо освещенные и затененные. Результаты записать в таблицу 2.

Таблица 2

Влияние освещенности на размеры устьичных отверстий

Название растения	лист	условия	Цена деления окулярного микрометра, в мкм	Размеры устьичных отверстий в мкм				Площадь устьичных отверстий
				ширина	длина	ширина	длина	

**Задание:** сделать выводы о влиянии ярусности и условий освещения на размеры устьичных отверстий.

### Лабораторная работа 8

#### Определение водоудерживающей способности растений методом завядания (по Арланду)

**Цель работы:** по величине и «потери завядания» определить степень соответствия условий произрастания требованиям растений.

**Материалы и оборудование:** весы, листья различных растений: ильм приземистый, полынь обыкновенная, сурепка желтая, смородина двуиглая.

### Ход работы:

**Опыт 1.** 4 листа одного яруса и близкого возраста делят на две партии. Два листа помещают в предварительно взвешенный бюкс с крышкой и взвешивают. Определяют массу свежих листьев ( $P_1$ ) и высушивают растительный материал до постоянной массы в сушильном шкафу при  $105^{\circ}\text{C}$  (первое взвешивание делают через час, а затем повторяют его каждые 40–60 мин, пока масса не перестанет уменьшаться). Масса листьев после высушивания –  $P_2$ .

По разности массы листьев до и после высушивания определяется содержание воды в них:  $A = P_1 - P_2$ .

Рассчитывают содержание воды в листьях ( $A_1$ ) на 1 г свежей массы ткани из пропорции:

$$P_1 - A,$$

$$1 \text{ г} - A_1.$$

**Опыт 2.** Другие два листа взвешивают вместе с бюксом (предварительно взвешенным) и определяют массу листьев ( $P_3$ ), затем подвяливают их в течение 2 часов при обычных условиях в помещении, разложив листья на бумаге. При наличии аналитических весов можно взвешивать только листья, не пользуясь бюксами. После этого их снова взвешивают, определяют массу листьев после подвядания ( $P_4$ ). Потеря воды при подвядании будет  $A_2 = P_3 - P_4$ , а потеря воды в расчете на 1 г ткани ( $A_3$ ) узнается из пропорции:

$$3 - A_2,$$

$$1 \text{ г} - A_3,$$

где  $A_3$  – содержание воды в 1 г свежей массы ткани.

Соответственно количество воды, оставшееся в листьях при подвядании в расчете на 1 г ткани, будет равно  $A_4 = A_1 - A_3$ .

Водоудерживающая способность выражается количеством воды, оставшейся в листьях при подвядании в процентах, к ее исходному содержанию:

$$A_1 - 100 \%,$$

$$A_4 - X \%.$$

Если необходимо наряду с водоудерживающей способностью листьев определить содержание в них воды или абсолютно сухой массы, то для этого можно использовать результаты первой части работы.

Результаты опыта 1 вносят в таблицу 1.

Растение	Взвешивание	После высушивания	После подвядания	№	Масса	Сухая масса	Содержание
----------	-------------	-------------------	------------------	---	-------	-------------	------------

						взвешивания						воды, г	
						1	2	3	т. д			в навеске (А)	на г свежей массы

Результаты опыта вносят в таблицу 2.

Объект	Вариант	Повторность	Масса бюкса, г	Масса бюкса с листьями до подвяливания, г	Масса листьев до подвяливания, г (Р3)	Масса бюкса с листьями после	Масса листьев после подвяливания, г	Потеря воды, г		Вода связана 1 г свежих листьев, г	ВС листьев, %
								На массу ткани, А2	На г ткани, А3		

Сделать вывод о водоудерживающей способности листьев различных ярусов, содержания в них воды и сухого вещества. Определить зависимость водоудерживающей способности листьев от генотипа.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9

### УЧЕТ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ В ЛИСТЬЯХ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ АБСОЛЮТНО - СУХОЙ МАССЫ

Вода составляет большую часть массы живых организмов (в среднем от 70 до 90 % сырой массы). Биополимеры, в том числе и белки, могут нормально функционировать лишь в водной среде. Поэтому некоторые исследователи считают, что многие физиологические явления обусловлены особенностями не только растворенных веществ, но и в равной мере и растворителя – воды. Количество воды, содержащееся в растении, зависит от строения ткани листа и протоплазмы клеток, свойств плазмалеммы, интенсивности обмена веществ. Содержание воды в листьях и накопление в них сухих веществ является показателем интенсивности основных метаболических процессов растения и характеризуют интенсивность роста растений.

**Цель:** определить общее содержание воды и сухой вес листьев.

**Объекты, реактивы и оборудование:** листья различных растений, торсионные или аналитические весы, бюксы, пробочные сверла диаметром 0,5-1,0 см, сушильный шкаф.

**Ход работы:**

Общее содержание воды и сухой массы в листьях определяют путем их высушивания при 100–105<sup>0</sup>С.

Если листья крупные, то берут высечки из них, сделанные пробочным сверлом 0,5–1,0 см. Подготовленный материал взвешивают на торсионных или аналитических весах, помещают в бюксы с крышками и высушивают в сушильном шкафу, приоткрыв

крышки, до постоянной массы. Взвешивание проводят каждые 40 минут. Взвешивание можно прервать, поставив закрытые бюксы с материалом в эксикатор. Разница между сухой и свежей массой ткани определяет содержание воды в данной навеске. Содержание воды в процентах рассчитывается из пропорции:

$$\begin{aligned} \text{свежая масса листьев (г)} &= 100\%, \text{ масса} \\ \text{воды в листьях (г)} &= x\%. \end{aligned}$$

Процент сухой массы рассчитывается из пропорции: свежая  
масса листьев (г) – 100%,  
сухая масса листьев (г) – x%.

Результаты взвешиваний и расчетов вносят в таблицу.

Сделать вывод о содержании воды и сухого вещества в различных растений, интенсивности ростовых процессов.

Объект исследований	Вариант	Повторность	№ взвешивания в процессе высушивания				Сухая масса листьев, г	Содержание воды в навеске, г	Содержание воды в тканях, %	Содержание абсолютно сухой массы, %	Вес пустого бюкса, г	Вес бюкса с сухой навеской, г
			1	2	3	и т.д.						

## ТЕМА 2 «ФОТОСИНТЕЗ»

### РАБОТА 10

#### НАКОПЛЕНИЕ ПЕРВИЧНОГО КРАХМАЛА В КЛЕТКАХ С<sub>3</sub>- И С<sub>4</sub>-РАСТЕНИЙ

Растения, у которых первым стабильным продуктом фотосинтеза является трехуглеродное соединение – 3-фосфоглицериновая кислота (3-ФГК), называют *С<sub>3</sub>-растениями*. Растения, у которых первыми продуктами фотосинтеза являются четырехуглеродные органические кислоты – щавелевоуксусная и яблочная, называют *С<sub>4</sub>-растениями*.

Анатомическая структура листьев С<sub>3</sub>-растений представлена мезофиллом (либо клетками столбчатой и губчатой паренхимы, либо несколькими слоями столбчатой паренхимы). У них во всех фотосинтезирующих клетках функционирует цикл Кальвина и поэтому во всех клетках листа образуется первичный крахмал.

Для С<sub>4</sub>-растений характерна особая структура листа. В нем структурно и функционально различают клетки мезофилла и обкладки проводящих пучков. В клетках мезофилла проходит цикл Хэтча-Слэка, в клетках обкладки – цикл Кальвина. Поэтому первичный крахмал у таких растений образуется только в клетках обкладки.

**Цель работы:** на срезах листовых пластинок С<sub>3</sub>- и С<sub>4</sub>-растений выявить клетки, в которых находятся хлоропласты, накапливающие первичный крахмал.

**Объекты, реактивы и оборудование:** листья С<sub>4</sub>-растений (кукурузы) и С<sub>3</sub>-

растений (хлорофитума, традесканции), зафиксированных в солнечный день в 70%-ом этаноле (перед фиксацией материал растения выдержать несколько часов на ярком свете), раствор йода в йодистом калии ( $I_2/KI$ ), 30%-ый раствор NaOH или KOH, микроскопы, покровные и предметные стекла, лезвия безопасной бритвы, источник света, стакан с водой, препаровальные иглы, стеклянные палочки, фильтровальная бумага.

#### ***Ход работы:***

Сделать продольные и поперечные срезы листьев  $C_3$ - и  $C_4$ -растений и поместить их на предметное стекло в каплю 30%-ого раствора NaOH или KOH для их просветления. Через 10–15 мин (если позволяет время, то и более – до 1,5 ч) щелочь удалить фильтровальной бумагой, промыть препарат водой и капнуть раствор Люголя. Накрыть срезы покровным стеклом и исследовать их под микроскопом. У пучков крахмал локализуется в клетках обкладки проводящих и в клетках устьиц; в клетках между жилками (клетках мезофилла) крахмала нет. Поэтому на продольном срезе проводящие пучки с обкладкой четко выделяются как темные полосы, а на поперечном срезе клетки обкладки выглядят в виде темной короны («kranz» – анатомия), окружающей неокрашенные ткани ксилемы и флоэмы.

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

Сделать выводы о локализации первичного крахмала в клетках листьев  $C_3$ - и  $C_4$ -растений, объяснить причину разной локализации крахмала.

### **ТЕМА 3 «УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ»**

#### ***РАБОТА II***

#### ***ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖАРОСТОЙКОСТИ РАСТЕНИЙ***

Жаростойкость растений – это способность переносить высокую температуру. При повышении температуры окружающей среды выше оптимальной в растениях нарушается обмен веществ. При более высоких температурах резко повышается проницаемость протоплазмы за счет разрушения белково-липидного комплекса цитоплазматических мембран, а затем наступает коагуляция белков и отмирание клеток. Жаростойкие растения в большинстве случаев имеют специальные механизмы регуляции текучести мембран и вязкости протоплазмы, и способны сохранять при высоких температурах нормальный обмен веществ.

Если подвергнуть лист действию высокой температуры, а затем погрузить слабый раствор соляной кислоты, то у нежаростойких растений поврежденные и мертвые клетки побуреют вследствие свободного проникновения в них кислоты (мембраны клетки, в том числе и мембраны хлоропластов, теряют свойство полупроницаемости). Ионы водорода, присутствующие в клетке, замещают ион Mg в молекуле хлорофилла, который превращается в феофитин, имеющий бурый цвет. Неповрежденные клетки остаются зелеными. Чем больше остается неповрежденных участков тканей, тем выше жаростойкость растения.

У растений с кислым клеточным соком феофинизация может произойти и без обработки соляной кислотой, т.к. при нарушении полупроницаемости тонопласта органические кислоты проникают из клеточного сока в цитоплазму и вытесняют магний из молекулы хлорофилла.

**Цель работы:** установить влияние высокой температуры на степень устойчивости растений различных экологических групп.

**Объекты, реактивы и оборудование:** свежие листья различных растений, 0,2н HCl, водяная баня, термометр, пинцет, чашки Петри, стакан с водой, карандаш по стеклу.

**Ход работы:**

Налить в химический стакан воды (водяная баня), нагреть ее до 40°C, погрузить в нее по 5 листьев исследуемых растений и выдержать их в течение 30 мин., поддерживая температуру на уровне 40°C. Затем взять первую пробу (по одному каждого вида) листьев и поместить их в чашку Петри с холодной водой. Поднять температуру в водяной бане на 10°C, т.е. до 50°C, и через 10 мин. после этого взять вторую пробу листьев и перенести их в новую чашку с холодной водой. Постепенно температуру довести до 80°C, беря пробы через каждые 10 мин. при повышении температуры на 10°C.

После этого заменить холодную воду в чашках 0,2н раствором соляной кислоты и через 20 мин. учесть степень повреждения листа по количеству появившихся бурых пятен.

Результаты исследований записать в таблицу, обозначив отсутствие побурения знаком «–», слабое побурение – «+», побурение более 50% площади листа – «++» и сплошное побурение – «+++»:

Таблица

Объект исследования	Степень повреждения листьев при t, °C				
	40	50	60	70	80

Сделать выводы о степени жаростойкости исследуемых растений.

## Лабораторная работа 12

### Определение засухоустойчивости растений

Засухоустойчивость – способность растений переносить значительное обезвоживание, а также перегрев клеток, тканей и органов.

К лабораторным методам изучения засухоустойчивости относится способность растений выносить обезвоживание, оценивая использование недостаточного водоснабжения на ранних этапах онтогенеза. Для этого определяют количество проросших семян на растворах сахарозы с высоким осмотическим давлением, чем создают искусственные условия физиологической сухости, позволяющие определить относительную засухоустойчивость растений.

**Материалы и оборудование.** Семена пшеницы, ржи, ячменя, тритикале, кукурузы, гороха, люпина, огурца, томата, 2,0 М раствор сахарозы,



дистиллированная вода, чашки Петри (4 шт.), стеклянные пипетки на 10 см<sup>3</sup>, химические пробирки (4 шт.), фильтровальная бумага, дозатор, стеклограф, термостат.

**Ход работы.** На дно чашек Петри поместите кружки фильтровальной бумаги. Налейте в каждую чашку по 10 см<sup>3</sup> растворов C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub> следующей концентрации: первая чашка – 2,0 М раствор сахарозы, вторая – 1,0 М, третья – 0,5 М, четвертая – 0,25 М. Отберите четыре порции неповрежденных семян каждого вида растений и равномерно разложите их в чашки по 10 штук в каждую. Чашки закройте крышками, подпишите и поместите в термостат при температуре +25 °С. Через неделю подсчитайте количество проросших семян в каждом варианте. Вычислите осмотический потенциал растворов сахарозы по формуле:  $\Phi = -R \times C \times T \times i$ , где  $\Phi$  – водный потенциал, атм;  $R$  – универсальная газовая постоянная (0,0821 дм<sup>3</sup> × атм/(град × моль);  $C$  – концентрация изотонического раствора, моль/дм<sup>3</sup>;  $T$  – абсолютная температура по Кельвину (273° + комнатная температура);  $i$  – изотонический коэффициент Вант-Гоффа.

Результаты опытов внесите в таблицу 1.

Таблица 1

#### Определение засухоустойчивости растений

Название растений	Концентрация раствора C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> , моль/дм <sup>3</sup>	Осмотический потенциал раствора C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> , кПа	Количество проросших семян, штук

По результатам исследований сделайте выводы о засухоустойчивости различных растений.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:

### Основная:

1. Баханова М. В. Физиология растений : тесты и задания для СРС: [учеб. пособие] для спец. 020201.65 "Биология"/М. В. Баханова; Федер. агентство по образованию, Бурят. гос. ун-т. —Улан-Удэ: Изд-во Бурят. ун-та, 2008. —108 с.
2. Рабочая тетрадь для лабораторно-практических занятий по физиологии и биохимии растений: учеб.-метод. пособие для специальности 020201.65 Биология/М-во образования и науки Рос. Федерации, Бурят. гос. ун-т; [авт.-сост.: М. В. Баханова, С. В. Жигжитжапова]. —Улан-Удэ: Изд-во Бурят. госун-та, 2010. —80 с.
3. Быков И. П. Практикум по физиологии растений : приборы и оборудование: учеб. пособие для спец. 020201.65 Биология/И. П. Быков, Н. М. Ловцова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Бурят. гос. ун-т. —Улан-Удэ: Изд-во Бурят. госун-та, 2010. —39, [2] с.удалить
4. ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ В 2 Т. ТОМ 2: Учебник/Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А.. —М.: Издательство Юрайт, 2016. —459 с.

### Дополнительная:

1. Баханова М. В. Биоэкологические особенности перспективных сортов яблони в условиях Западного Забайкалья/М. В. Баханова ; [отв. ред. Б. Б. Намзалов]; Федер. агентство по образованию, Бурят. гос. ун- т.. —Улан-Удэ: Изд-во Бурят. ун-та, 2007. —112 с.удалить

### Интернет-ресурсы

[www.plantarium.ru](http://www.plantarium.ru) – интерактивный определитель флоры Средней России, диагностические признаки и качественные фотографии растений, определенные ведущими флористами МГУ им. М. В. Ломоносова и Ботанического института РАН.

<http://herba.msu.ru/russian/index.html> - Коллекция фотографий, цифровой гербарий Московского государственного университета:

<http://www-sbras.nsc.ru/win/elbib/bio/>Электронный атлас «Биоразнообразие животного и растительного мира Сибири и Дальнего Востока»;

<http://ngo.burnet.ru/redbook/flora/vish/bn/bn.htm> - Электронная Красная книга Бурятии