Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

О. М. Бедарева, Т.Н. Троян, О.В. Пундик

ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение, 35.03.04 Агрономия

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2023

УДК 581.5

Рецензент

кандидат биологических наук, доцент кафедры агрономии и агроэкологии института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «КГТУ»

Е. А. Барановская

Бедарева, О. М.

Экология растений: учеб.-методич. пособие по выполнению лабораторных работ для студ. бакалавриата по напр. подгот. 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение, 35.03.04 Агрономия / сост. О. М. Бедарева, Т. Н. Троян, О. В. Пундик. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 49 с.

В учебно-методическом пособии «Экология растений» представлены методические рекомендации по выполнению лабораторных работ, которые сопровождаются таблицами с необходимой количественной и качественной информацией для обучающихся очной и заочной формы обучения.

Табл. 16, рис. 17, список лит. – 20 наименований

Учебно-методическое пособие рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала на заседании кафедры агрономии и агроэкологии 16 мая 2023 г., протокол № 12

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Экология растений» рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 31 мая 2023 г., протокол № 5

УДК 581.5

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2023 г.
© Бедарева О. М., Троян Т. Н., Пундик О. В., 2023 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…… 4
1 СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ…… 6
2 ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ……... 45
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ……. 47
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК…….. 48

ВВЕДЕНИЕ

Экология растений – это раздел экологии, изучающий взаимозависимости и взаимодействия между растительными организмами, а также между растениями и средой их обитания.

Знание о жизни растений, их взаимодействии и функционировании в природе, дополняют специальные образовательные дисциплины «Ботаника» и «Физиология растений», играет важную роль в профессиональной деятельности.

Система лабораторных занятий рассчитана на привитие студентам навыков изучения особенностей строения и свойств клеток, тканей и органов растений разных экологических групп с применением элементов научно-исследовательского подхода.

Материал и методика постановки лабораторных работ предусматривает освоение методов макро- и микроскопических исследований, как живых, так и фиксированных объектов, самостоятельного изготовления микропрепаратов, их изучения, зарисовки, проведения физиолого-биохимических экспериментов, анализа полученных результатов и оформления отчета о проделанной работе.

По каждой лабораторной работе сформулирована цель, задание, предложен алгоритм его выполнения. Перед началом выполнения студенту рекомендуется повторить материал теоретической части, изложенной в лекционном курсе.

Тематический план лабораторных работ (ЛР) представлен в таблице 1.

Таблица 1– Объем (трудоёмкость освоения) и структура ЛР

Номер	Наименование лабораторной работы	Кол-во часов ЛР		
		ПА	АГ	АГ
		очная форма	очная форма	заочная форма
1	Особенности строения растений в связи с условиями жизни	1	1	1
2	Особенности строения световых и теневых листьев в кроне дерева или кустарника	2	2	-
3	Анализ структуры листьев гелиофитов и сциофитов	2	2	-
4	Морфолого-анатомические особенности растений, приуроченных к местообитаниям с разными условиями освещения	2	2	1
5	Особенности морфолого-анатомического строения растений одного вида в разных условиях обитания	2	2	2
6	Определение теневыносливости древесных растений по их относительной высоте	2	2	-
7	Морфолого-анатомические особенности листьев на разных сторонах кроны дерева, растущего на опушке леса	2	2	-
8	Анатомо-морфологические адаптации растений по отношению к различному водному режиму	2	2	-
9	Анатомо-морфологические особенности строения стеблей гигрофитов, мезофитов и ксерофитов	2	2	-

Номер	Наименование лабораторной работы	Кол-во часов ЛР		
		ПА	АГ	АГ
		очная форма	очная форма	заочная форма
10	Особенности строения надводных, плавающих и подводных листьев гетерофилльного макрофита	2	2	-
11	Особенности строения плодов и семян анемохорных растений	2	2	-
12	Влияние удобрений на рост, развитие и урожай растений	2	2	2
13	Токсичность почвы как следствие антропогенной нагрузки	2	1	-
14	Использование растений семейства рясковые контроля качества сточных вод	2	2	-
15	Качественное определение нитратов	2	1	-
16	Многообразие токсинов растений	1	1	-
Всего часов		**30**	**28**	**6**

Примечание: ПА – направление подготовки 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение, АГ – направление подготовки 35.03.04 Агрономия

Основными требованиями при отборе материала для лабораторных занятий были наглядность, доступность постановки экспериментов.

По результатам выполнения каждой лабораторной работы студенты представляют письменный отчет.

Защита лабораторных работ считается сдачей текущей аттестации по дисциплине «Экология растений».

1 СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

Лабораторная работа 1

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ РАСТЕНИЙ В СВЯЗИ С УСЛОВИЯМИ ЖИЗНИ

Цель: получить навыки работы с лабораторным оборудованием и освоить методику приготовления временных препаратов для анатомического изучения растений.

Материалы и оборудование: фиксированные в 75%-ном растворе этилового спирта листья и стебли исследуемого растения, флороглюцин (0,5–1%-ный раствор в 50%-ном растворе этилового спирта), судан III, концентрированная соляная кислота, глицерин, лезвия, пинцеты, препаровальные иглы, предметные и покровные стекла, микроскопы, окуляр- и объектив-микрометры, кристаллизатор с водой, фильтровальная бумага, салфетки.

Методические рекомендации. Рекомендуется сделать подряд несколько срезов (не менее 4–5) разными участками лезвия. Снять срезы с лезвия препаровальной иглой, поместить в каплю воды на предметном стекле, затем капнуть на них раствором флороглюцина. Через 1,5–2 мин оттянуть реактив фильтровальной бумагой, добавить 1–2 капли соляной кислоты. После покраснения одревесневших клеточных стенок снова оттянуть фильтровальной бумагой реактив и нанести на срез 1–2 капли глицерина, накрыть покровным стеклом и изучить при малом и большом увеличении микроскопа. Один из срезов поместить в каплю раствора судана III для окрашивания кутикулы.

Задание 1. Изучить устройство микроскопа. Освоить основные правила работы с ним (организация рабочего места, фокусировка).

Одним из важнейших свойств всех живых организмов, в том числе и растений, является адаптация – процесс приспособления организма, популяции или сообщества к определенным условиям внешней среды, т. е. соответствие между условиями окружающей среды и способностью организмов процветать в ней.

На влияние неблагоприятных условий среды растения реагируют определенными реакциями или изменением состояния, которые обеспечивают не только выживание вида в тех или иных условиях, но и его процветание. Основная стратегия жизни у растений – выработка приспособительных

изменений строения и процессов жизнедеятельности, основанная на высокой экологической пластичности их структурных компонентов и функциональной активности.

Морфолого-анатомические адаптации достаточно четко прослеживаются практически на всех уровнях организации – от клеточного и тканевого до уровня целого организма, популяции или сообщества. Об этом можно судить по форме и размерам клеток, особенностям их строения и расположения в различных типах тканей и органов, развитию специализированных тканей и органов, форме роста, изменению размеров растений и др.

Физиологическая и биохимическая пластичность растений проявляется в адаптивном изменении химического состава, интенсивности таких важнейших процессов, как фотосинтез, биосинтез хлорофилла и других фотосинтетических пигментов, дыхания, газообмена, транспирации и др. Растения различных экологических групп (экоморф) по отношению к свету, теплу, влаге, богатству почвы и ее кислотности и др. являются удобным объектом для изучения и демонстрации приспособленности анатомических и морфологических структур организма к различным экологическим факторам. На этих же объектах можно обсуждать и вопросы синэкологии, например, формирования ярусной структуры фитоценозов, конкуренции между растениями за свет, смены видов при изменении условий освещенности и т. д.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое адаптация живого организма?
2. Какие морфолого-анатомические адаптации растений засушливых местообитаний Вам известны?
3. В каких особенностях анатомического строения выражена приспособленность водных растений к среде?
4. Какое экологическое значение имеет положение устьиц?

Лабораторная работа 2

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ СВЕТОВЫХ И ТЕНЕВЫХ ЛИСТЬЕВ В КРОНЕ ДЕРЕВА ИЛИ КУСТАРНИКА

Цель: доказать, что каждое растение обладает экологической пластичностью, которая выражается в различиях морфологических и анатомических признаков световых и теневых листьев.

Материалы: живые или фиксированные в спирте листья липы мелколистной (*Tilia cordata*), сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris*),

бересклета европейского (*Euonymus europaea*), вяза гладкого (*Ulmus laevis*), или дуба обыкновенного (*Quercus robur*), собранные с наружной части кроны и внутри ее; гербарные образцы этих же листьев.

Методические рекомендации. Чтобы получить объективное представление о влиянии условий освещенности на анатомо-морфологическую структуру световых и теневых листьев необходимо использовать отдельно взятые особи одного и того же вида растений. Только в этом случае можно будет говорить о корректности проведенных экспериментов, поскольку при сравнении листьев гелиофитов и сциофитов разных видов, и, естественно, с разными генотипами возможны различия, вызванные не только и не столько условиями среды обитания, сколько генетическими особенностями особей разных видов растений.

Внимательно рассмотреть визуально и под бинокулярным микроскопом световые и теневые листья (рисунок 1), обратив особое внимание на окраску листьев, длину черешка, степень развития жилок, толщину листа.

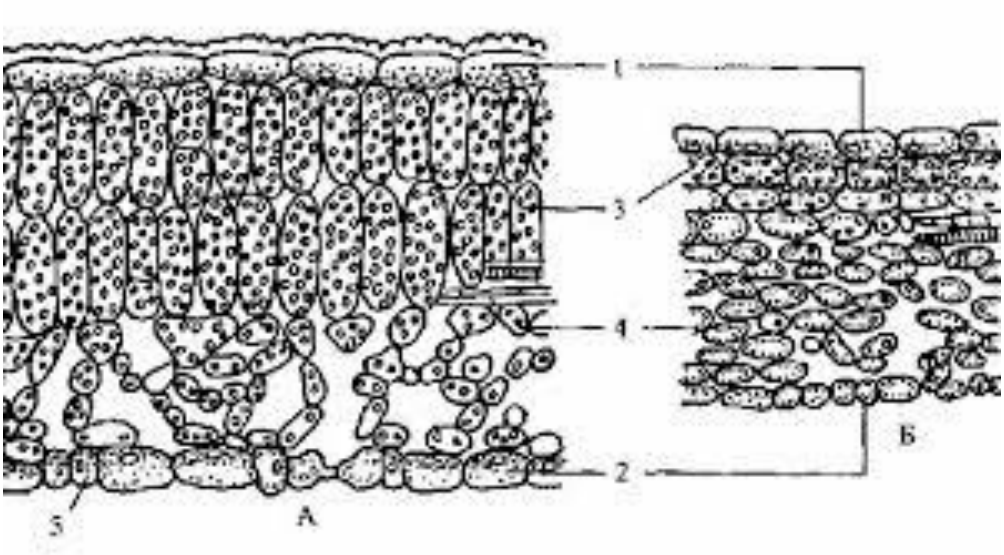

Рисунок 1 – Световой (А) и теневой (Б) лист сирени:
1 – верхний эпидермис; 2 – нижний эпидермис; 3 – палисадная паренхима;
4 – губчатая паренхима; 5 – устьице

Сделать поперечные срезы световых и теневых листьев. Обработать препараты флороглюцином и суданом III. Рассмотреть при малом и большом увеличении микроскопа, отмечая относительную толщину листовой пластинки, степень развития эпидермы, кутикулы и жилок, палисадной, губчатой и механической тканей, степень развития межклетников. Измерить общую толщину листа и толщину мезофилла, определить размеры клеток палисадной ткани и замыкающих клеток устьиц.

Дополнительно приготовить препараты эпидермы, с нижней стороны листа подсчитать число устьиц в поле зрения. Каждый показатель определить в 5–7 повторностях, затем вычислить его среднее значение. Полученные данные занести в таблицу 2.

Таблица 2 – Особенности строения световых и теневых листьев разных видов растений

Признаки	Листья	
	световые	теневые
Площадь листовой пластинки, см²		
Общая толщина листа, мкм		
Длина черешка, мм		
Количество слоев палисадной ткани		
Толщина мезофилла, мкм		
Развитие кутикулы		
Размер клеток палисадной ткани (длина × ширина), мкм		
Число хлоропластов в клетках – палисадной ткани – губчатой ткани		
Число устьиц – в поле зрения – на единицу площади листа		
Размеры замыкающих клеток устьиц, мкм		
Степень развития жилок листа, баллы (1–5)		
Развитие проводящей и механической тканей		

Различие в строении световых и теневых листьев (растений) по таким показателям, как развитие кутикулы, площадь листовой пластинки, развитие механической и проводящей тканей можно выразить знаками > (больше) и < (меньше).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сравнить морфологические и анатомические особенности световых и теневых листьев одного растения и объяснить, в чем адаптивный смысл наличия у одного и того же древесного растения одновременно и теневых, и световых листьев?

2. Можно ли ожидать таких же заметных различий в структуре листьев травянистых растений?

3. Станут ли теневые листья световыми, если удалить затеняющую их часть кроны дерева?

4. Когда и чем определяется световая или теневая структура в онтогенезе листа?

Лабораторная работа 3

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ЛИСТЬЕВ ГЕЛИОФИТОВ И СЦИОФИТОВ

Цель: установить различие в строении листьев гелиофитов и сциофитов, определить их адаптивное значение.

Материалы: фиксированные в спирте листья кислицы обыкновенной (*Oxalis acetosella*), майника двулистного (*Majanthemum bifolium*), мать-и-мачехи (*Tussilago farfara*), пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare*), гербарные образцы этих растений.

Методические рекомендации. По отношению к количеству света, необходимого для нормального развития, растения подразделяются на три экологические группы.

Светолюбивые, или ***гелиофиты*** **(**облигатные гелиофиты), с оптимумом развития при полном освещении; сильное затенение действует на них угнетающе. Это растения открытых, хорошо освещенных местообитаний: степные и луговые травы, прибрежные и водные растения (с плавающими листьями), большинство культурных растений открытого грунта, сорняки и др.

Тенелюбивые (теневые, или ***сциофиты***) – растения с оптимальным развитием в пределах 1/10–1/3 от полного освещения. К тенелюбам относятся растения нижних затененных ярусов сложных растительных сообществ – темнохвойных и широколиственных лесов, а также водных глубин, расщелин скал, пещер и т. п. В лесах Беларуси типичными теневыми растениями являются копытень европейский, ветреница дубравная, сныть обыкновенная, кислица обыкновенная, майник двулистный и др.

Теневыносливые растения (факультативные гелиофиты) имеют широкую экологическую амплитуду выносливости по отношению к световому режиму. Они лучше растут и развиваются при полной освещенности, но хорошо адаптируются и к слабому свету. К ним относятся большинство видов лесов – ель, пихта, граб, бук, лещина, бузина, брусника и др.

Под влиянием различных условий светового режима у растений выработались соответствующие приспособительные признаки. Так, у многих гелиофитов поверхность листовой пластинки блестящая, покрыта светлым

восковым налетом, густо опушена, что способствует отражению палящих солнечных лучей или ослаблению их действия.

Световые и теневые растения имеют четкие различия и по анатомическому строению (рисунок 2). Например, у гелиофитов хорошо развиты осевые органы с оптимальным соотношением ксилемы и механических тканей, менее сложные по форме листья с характерной дифференцировкой мезофилла на столбчатый и губчатый, высокой степенью жилкования, большим числом устьиц на единицу поверхности листа. В световых листьях количество хлоропластов, приходящихся на единицу площади листовой пластинки в несколько раз больше, чем у теневых.

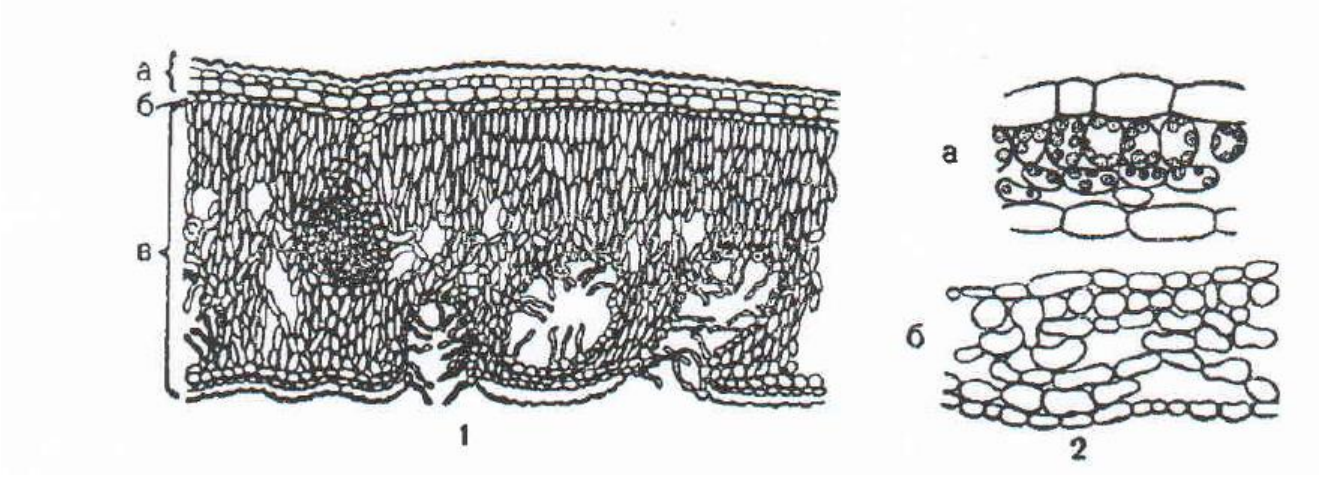

Рисунок 2 – Структура листьев гелиофитов (1) и сциофитов (2):
1 – поперечный срез листа олеандра: а – эпидермис с кутикулой;
б – гиподерма; в – изопалисадный мезофилл; 2 – поперечные срезы листа кислицы (а) и майника двулистного (б)

В листьях тенелюбов наблюдается слабая дифференцировка на столбчатый и губчатый мезофилл или таковая совсем отсутствует, отмечается сравнительно малое количество устьиц и т. д.

Изучение морфологических и анатомических особенностей вегетативных органов гелиофитов и сциофитов позволяет увидеть четкие различия между этими экологическими группами растений практически по всем изучаемым признакам и установить их адаптивное значение.

Задание 1. Используя раздаточный материал (гербарные образцы растений гелиофитов и сциофитов) сравнить морфологические признаки световых и теневых листьев, обратив особое внимание на размеры (площадь) листовых пластинок, их толщину и окраску, степень развития жилок, наличие (или отсутствие) опушенности.

Сделать поперечные срезы листьев гелиофитов и сциофитов. Обработать флороглюцином и суданом III. Рассмотреть под микроскопом, отмечая

относительную толщину листовой пластинки, степень развития эпидермы и кутикулы, механической, палисадной и губчатой тканей, степень развития межклетников. Дополнительно приготовить препараты эпидермы с нижней стороны листа и подсчитать число устьиц в поле зрения. Составить и заполнить таблицу по образцу лабораторной работы № 1.

По анатомическому строению листа определить гелиофиты и сциофиты. Объяснить особенности строения листьев в связи с условиями светового режима разных местообитаний. Сравнить детали строения эпидермы у листьев растений открытых мест обитаний – мать-и-мачехи и пижмы, и объяснить, в чем их адаптивность. Подготовить выводы (таблица 3).

Таблица 3 – Особенности строения световых и теневых листьев разных видов растений

Признаки	Листья	
	световые	теневые
Площадь листовой пластинки, см²		
Общая толщина листа, мкм		
Длина черешка, мм		
Количество слоев палисадной ткани		
Толщина мезофилла, мкм		
Развитие кутикулы		
Размер клеток палисадной ткани (длина × ширина), мкм		
Число хлоропластов в клетках – палисадной ткани – губчатой ткани		
Число устьиц – в поле зрения – на единицу площади листа		
Размеры замыкающих клеток устьиц, мкм		
Степень развития жилок листа, баллы (1–5)		
Развитие проводящей и механической тканей		

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назвать классификацию растений по отношению к фактору света.

2. Какая классификационная группа обладает широкой амплитудой по отношению к фактору? Привести пример.

3. Какие местообитания характерны для сциофитов.

4. В чем заключаются адаптационные приспособления облигатных гелиофитов?

5. Клетки мезофилла каких растений имеют большее количество хлоропластов?

Лабораторная работа 4

МОРФОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСТЕНИЙ, ПРИУРОЧЕННЫХ К МЕСТООБИТАНИЯМ С РАЗНЫМИ УСЛОВИЯМИ ОСВЕЩЕНИЯ

Цель: экспериментально доказать справедливость понятия «Органическая целесообразность формирования приспособленности организмов к конкретным условиям среды как следствие естественного отбора».

Материалы: сухие и фиксированные в спирте листья дуба из освещенной (верхней) части кроны, листья лещины (*Corylus avellana*) под пологом дуба, ветреницы дубравной (*Anemone nemorosa*), и (или) медуницы (*Pulmonaria obscura*), произрастающих в нижнем, наиболее затененном ярусе дубравы; гербарные экземпляры травянистых растений.

Методические рекомендации. Изучение анатомо-морфологических и физиолого-биохимических особенностей растений разных экологических групп представляет собой наиболее удачный и убедительный способ доказать органическую целесообразность адаптации (приспособленности) организмов к определенным условиям среды обитания. Это можно показать на примере экологических групп (экоморф) по отношению к световому режиму (гелиофитов, сциофитов и теневыносливых), к водному режиму (гигрофитов, мезофитов и ксерофитов), богатству и кислотности почвы и т. п.

В данной работе представляется возможность установить характерные морфологические и анатомические признаки светолюбивых (листья дуба из освещенной части кроны), теневыносливых (листья лещины) и тенелюбивых (ветреница дубравная и медуница) растений одного растительного сообщества (фитоценоза), произрастающего на однородной территории (рисунок 3). Это означает, что растения разных ярусов находятся в совершенно разных условиях по отношению к световому режиму, в то время как другие факторы (например, механический состав почвы, ее кислотность, содержание элементов минерального питания, водный и тепловой режимы и т. д.) практически одинаковы для них.

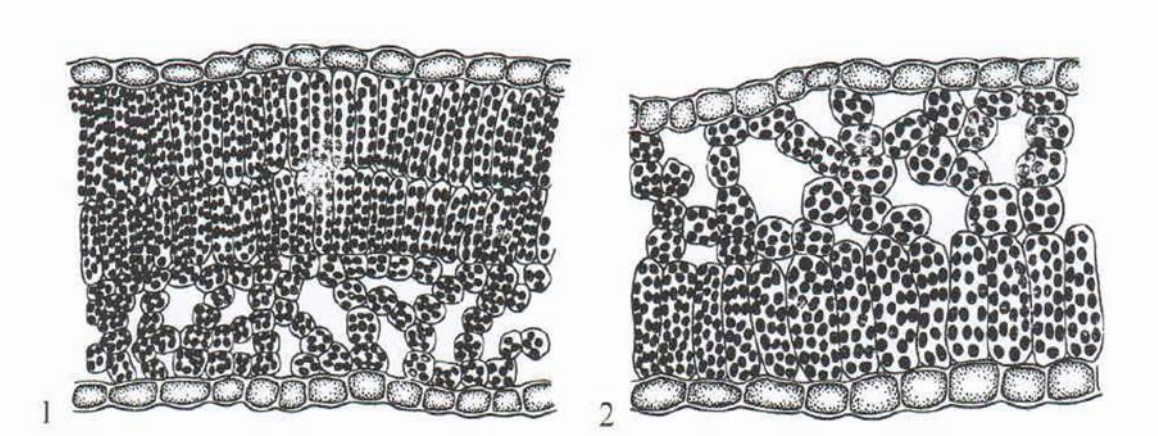

Рисунок 3 – Анатомическое строение светового листа вяза приземистого (*Ulmus pumila*) и относительно теневого листа дуба обыкновенного (*Quercus robur*) (по М. С. Двораковскому, 1983)

Для занятий можно использовать также листья растений разных ярусов и других фитоценозов: липы мелколистной, вяза гладкого, березы пушистой (деревьев первой величины, образующих первый ярус), крушины ломкой, бересклета европейского (ярус подлеска), копытня европейского, перелески благородной, осоки волосистой и др. (растений нижнего яруса, находящихся в наиболее затененном месте).

Задание 1. Используя раздаточный материал (гербарные образцы листьев растений разных ярусов) описать форму листовой пластинки, измерить у разных видов их ширину и толщину, длину черешка, наличие опушенности или ее отсутствие, интенсивность окраски и другие морфологические особенности.

Приготовить обработанные флороглюцином с соляной кислотой поперечные срезы листьев растений разных ярусов, рассмотреть под микроскопом. По анатомическому строению листа определить, какие из них являются световыми, а какие – теневыми.

Обратить внимание на характер расположения и степень развития у каждого исследуемого вида проводящей и механической ткани, палисадной и губчатой хлоренхимы, толщины эпидермы, расположение устьица их количество на 1 мм² и др. Заполнить таблицу 4.

Таблица 4 – Морфолого-анатомические особенности листьев растений из разных ярусов фитоценоза

Признаки растений	Дуб	Лещина	Ветреница	Медуница
Параметры листовой пластинки – длина, мм – ширина, мм – площадь, см²				
Наличие опушенности				

Признаки растений	Дуб	Лещина	Ветреница	Медуница
Толщина эпидермы, мкм				
Палисадная ткань – число слоев клеток – размеры клеток				
Губчатая паренхима (степень развития)				
Развитие механической ткани				
Положение устьиц				
Количество устьиц, шт/мм^2				
Развитие жилок				

Обсудите полученные вами результаты. Подготовьте выводы, заполните отчет.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В каких особенностях морфологического и анатомического строения листьев растений из разных ярусов фитоценоза выражается приспособленность их к световому режиму?

2. Что можно сказать о световом режиме под густым пологом леса в период вегетации ветреницы лютиковой и медуницы по структуре их листьев?

3. Чем объяснить нахождение этих двух видов в одном и том же ярусе дубравы?

4. Какое экологическое значение для растений разных ярусов имеют такие признаки, как:

– ширина и толщина листовой пластинки;
– наличие опушенности;
– расположение и количество устьиц;
– наличие дифференциации мезофилла на палисадный и губчатый;
– развитие жилок и межклетников.

Лабораторная работа 5

ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РАСТЕНИЙ ОДНОГО ВИДА В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ОБИТАНИЯ

Цель: экспериментальным путем установить адаптивные особенности строения растений одного вида, произрастающих в разных условиях освещения.

Материалы: гербарные экземпляры и фиксированные в спирте листья одновозрастных растений лютика ползучего (*Ranunculus repens*), гусиной лапки (*Potentilla anserina*) и (или) горца птичьего (*Polygonum aviculare*), собранных в

открытых, хорошо освещенных солнцем местах на плотной почве и в затененных влажных местообитаниях.

Методические рекомендации. При выполнении подобных работ крайне важно, чтобы для исследования брались листья одного возраста и сходного жизненного состояния, произрастающих в разных экологических условиях с точки зрения освещенности, кислотности почвы, богатства почвы минеральными элементами и ее влажности, различной конкуренции со стороны других видов растений и т. д.

Задание 1. Внимательно изучить морфологические признаки растений одного биологического возраста, собранных в разных условиях обитания, обратив особое внимание на высоту (размеры) растений, окраску листьев, толщину листа, степень развития жилок, опушенность листьев и стебля и др.

Приготовить поперечные срезы листьев каждого растения из двух или трех разных местообитаний. Обработать препараты флороглюцином и суданом III. Рассмотреть препараты при малом и большом увеличении микроскопа, отметив степень развития признаков, указанных в таблице 5.

Дополнительно снять пинцетом кусочки *эпидермиса* с нижней стороны листьев, поместить в каплю воды на предметном стекле и при большом увеличении микроскопа подсчитать общее число устьиц в поле зрения, отметить форму эпидермальных клеток.

Таблица 5 – Особенности строения растений из разных местообитаний

Признаки	Открытые биотопы		Затененные биотопы	
	лютик ползучий	гусиная лапка	лютик ползучий	гусиная лапка
Площадь листа, см²				
Толщина листа, мкм				
Толщина эпидермиса, мкм				
Развитие – палисадной ткани – губчатой ткани				
Число хлоропластов в клетках – палисадной ткани – губчатой ткани				
Развитие кутикулы				
Развитие проводящей и механической тканей				
Число устьиц – в поле зрения – на 1 мм²				
Форма клеток эпидермиса				

Различие в строении листьев растений из разных местообитаний по таким признакам, как развитие кутикулы, механической и проводящей тканей, опушенности и др. можно выразить знаками > (больше) и < (меньше).

Сравнить анатомо-морфологические особенности строения листьев одного вида растения из разных мест обитания, а также разных видов растений, произрастающих в сходных условиях. Отметить сходство и различия в структурной организации листьев. Объяснить экологический смысл отмеченных различий.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое местообитание; экологическая ниша?
2. Почему растения одного и того же вида в условиях открытых местообитаний и под пологом леса имеют разные морфологические и анатомические характеристики?
3. У растений каких местообитаний будет развита кутикула?
4. Растения каких местообитаний зацветают раньше?

Лабораторная работа 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕНЕВЫНОСЛИВОСТИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ПО ИХ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЫСОТЕ

Цель: по относительной высоте деревьев установить различия в их теневыносливости, а также влияние освещенности на развитие растения.

Материалы: мерная вилка, эклиметр либо предлагаемое приспособление, блокнот для записей, карандаши.

Методические рекомендации. Ряд внешних признаков растений может служить важной характеристикой их теневыносливости. Так, по структуре кроны дерева можно определить степень их светолюбия или теневыносливости. У светолюбивых пород кроны ажурные; у теневыносливых, наоборот, – густые, плотные. Одним из критериев теневыносливости является также «относительная высота» – отношение высоты дерева к его диаметру на высоте 130 см. Для более теневыносливых пород деревьев, которые способны расти в густом насаждении, характерны большие значения относительной высоты. Светолюбивые деревья, напротив, имеют меньшую высоту при том же диаметре ствола. Такую же закономерность можно наблюдать для деревьев одного вида, но произрастающих в разных по световому режиму местах: в подлеске, на опушке и т. д.

Задание 1. Часть лабораторного занятия выполняется в полевых условиях: в лесу, парке, роще. Измерения диаметра ствола дерева проводится с помощью мерной вилки на высоте 130 см. Высоту дерева можно измерить эклиметром (согласно инструкции) либо с помощью несложного приспособления, представляющего собой две планки, закрепленные между собой под прямым углом следующим образом: длинный стержень (qn) разделен коротким (pm) в отношении qn/pm=1/0,5. Большая часть (qm) длинного стержня при этом равняется короткому (pm). Указанное приспособление легко изготовить из подручных средств, в этом качестве можно использовать блокнот и карандаш. Измерения проводятся, как показано на рисунке 4.

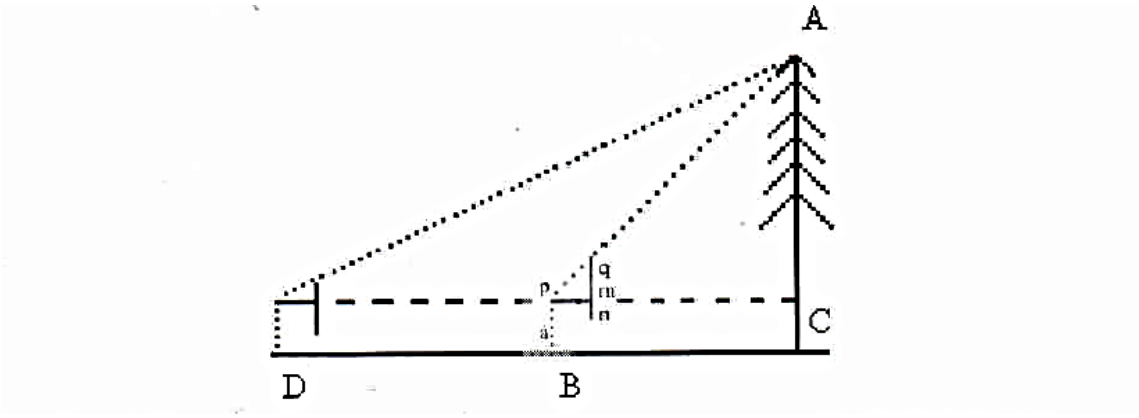

Рисунок 4. Измерение высоты дерева с помощью двух планок (по Г. Н. Зайцеву)

Высота дерева равна: H = BC × a.

При невозможности измерить расстояние между деревом (C) и точкой B, например, из-за рельефа местности, на месте первого измерения сделать отметку, и снова провести визирование с дальней точки D. Высота дерева в этом случае будет равна: H = DB + a. Измерения расстояний BC и DB провести с помощью рулетки. При этом следует провести измерения не менее 10 деревьев каждого выбранного вида, отметить какие из них растут в подлеске, на опушке, на краю леса, рощи, парка. Все полученные результаты, расчетные данные и примечания занести в сводную таблицу 6.

Таблица 6 – Относительная высота деревьев

Вид дерева	Высота, м	Диаметр ствола, см	Относительная высота	Примечание
Дуб				
Ель				
Сосна				

Данные по относительной высоте следует сгруппировать и рассчитать средние, ошибки средних, а также стандартных отклонений. Сравнение

среднегрупповых данных произвести по t-критерию Стьюдента. Сделать выводы. Приложение.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как различаются по теневыносливости деревья из подлеска и материнского леса?

2. В чем биологический смысл этих различий?

3. Рассказать методику определения высоты с помощью двух планок.

4. На какой высоте измеряется диаметр дерева? Как определить диаметр если известна длина окружности?

Лабораторная работа 7

МОРФОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИСТЬЕВ НА РАЗНЫХ СТОРОНАХ КРОНЫ ДЕРЕВА, РАСТУЩЕГО НА ОПУШКЕ ЛЕСА

Цель: доказать высокую экологическую пластичность листьев одного и того же растения.

Материалы: живые и фиксированные в спирте листья дуба и (или) липы, собранные у деревьев на опушке леса на стороне, которая обращена к лесу и с внешней стороны дерева, обращенной к поляне; гербарные образцы этих же листьев.

Методические рекомендации. К мезофитам относятся растения, которые произрастают в средних (т. е. достаточных, но не избыточных) условиях увлажнения. Типичными мезофитами являются растения пойменных лугов, травяного покрова лесов, лиственные древесные и кустарниковые породы из областей умеренно влажного климата, а также большинство культурных растений. Для мезофитов характерны так называемые мезофильные морфолого-анатомические и физиолого-биохимические особенности их структурно-функциональной организации, т. е. средние между чертами гигрофитов и ксерофитов.

Один и тот же мезофильный вид, попадая в разные по водному режиму условия, проявляет определенную экологическую пластичность, приобретая во влажных условиях более гигроморфные, а в сухих – ксероморфные черты. С усилением сухости и освещенности у мезофитов наблюдается изменение не только морфологических признаков листа, но и интенсивности физиологических процессов (транспирации, сезонного хода дыхания и др.).

Пластичность листьев проявляется не только в разных почвенно-климатических условиях обитания, но даже у одной и той же особи. Например, у деревьев на опушке леса листья на стороне, обращенной к лесу, имеют более мезофильный и теневой характер по сравнению с несколько ксероморфными листьями внешней стороны дерева. Сравнение важнейших морфолого-анатомических и физиолого-биохимических показателей разных листьев одного дерева позволяет получить объективное представление об экологической пластичности растений.

Задание 1. Сравнить внешний вид листьев дуба и (или) липы, собранных у деревьев на опушке леса на стороне, которая обращена к лесу и с внешней стороны дерева, обращенной к поляне. Обратить внимание на толщину и окраску листьев, степень развития жилок. Сделать поперечные срезы тех и других листьев. Обработать флороглюцином и суданом III. Рассмотреть препараты при малом и большом увеличении микроскопа, отмечая относительную толщину листовой пластинки, степень развития эпидермы, кутикулы и жилок, палисадной, губчатой и механической тканей. Измерить общую толщину листа и толщину мезофилла, площадь листа, определить содержание воды в тканях и хлорофилла (методика определения зеленых пигментов описана в работе № 16). Дополнительно приготовить препараты эпидермы с нижней стороны листа и подсчитать число устьиц в поле зрения. Каждый показатель определить в 5–7 повторностях, затем вычислить его среднее значение. Полученные данные занести в таблицу 7.

Таблица 7 – Различие морфолого-анатомических и физиологических показателей листьев на разных сторонах кроны дерева, растущего на опушке леса

Показатели	Сторона кроны, обращенная	
	к лесу	к поляне
Площадь листа, см²		
Толщина листа, мкм		
Число устьиц на 1 мм²		
Число хлоропластов в клетках – палисадной ткани – губчатой ткани		
Содержание воды, %		
Содержание хлорофилла, мг/г сухого вещества		

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Сравнить морфолого-анатомические и физиологические особенности листьев, собранных в разных частях кроны одного дерева и объяснить каковы причины их различий?

2. В чем адаптивный смысл установленных вами морфолого-физиологических особенностей исследуемых листьев?

3. У каких видов деревьев можно предполагать больший диапазон различий между теневыми и световыми листьями – дуба, граба, липы, белой акации

Лабораторная работа 8

АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ ПО ОТНОШЕНИЮ К РАЗЛИЧНОМУ ВОДНОМУ РЕЖИМУ

Цель: установить особенности строения растений, обеспечивающие приспособленность их к различному водному режиму.

Материалы: живые, фиксированные в спирте и (или) высушенные растения белоуса торчащего (*Nardus stricta*), клевера лугового (*Trifolium pratense*), рдеста курчавого (*Potamogeton crispus*).

Методические рекомендации. Приспособленность (адаптация) организмов – свойство, позволяющее им существовать и размножаться в условиях неорганической, популяционной и биоценотической среды. Приспособления возникают как один из результатов действия естественного отбора.

На лабораторных занятиях по этой теме удобно изучать приспособления растений к световому, температурному и (или) водному режиму. Именно сравнение признаков растений разных экологических групп позволяет определить значимость каждого из них в адаптации, например, гигрофитов и ксерофитов к избыточному и недостаточному увлажнению.

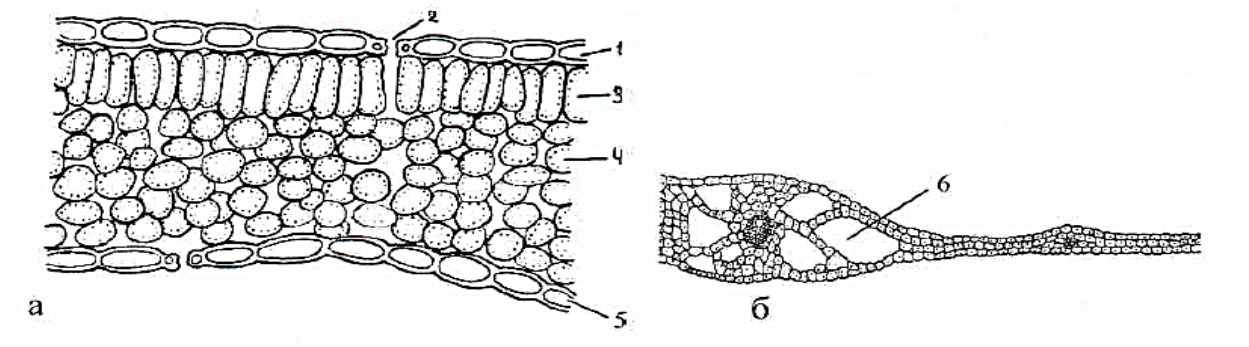

Рисунок 5. Анатомические особенности строения листа клевера лугового (а) и рдеста курчавого (б):
1 – верхний эпидермис; 2 – устьице; 3 – палисадная паренхима; 4 – губчатая паренхима; 5 – нижний эпидермис; 6 – аэренхима

Задание 1. Внимательно рассмотреть визуально и под бинокуляром вегетативные органы (корень, стебель и лист) растений различных экологических групп по их отношению к водному режиму: ксерофитов (белоус торчащий, овсяница овечья или булавоносец седой), мезофитов (клевер луговой или луговик дернистый) и гидрофитов (рдест курчавый). Отметить особенности формы листьев и стеблей, их размеры, наличие опушенности, интенсивность развития корневых систем, наличие корневых волосков и т. п.

Приготовить поперечные срезы листьев каждого растения. Для рдеста целесообразно выбирать для этой цели участки в центральной части листа (рисунок 5). Последовательно, как и в случае изучения морфологических признаков, рассмотреть поперечные срезы, обращая особое внимание на степень развития указанных ниже признаков. Заполнить таблицу 8.

Таблица 8 – Морфолого-анатомические особенности растений разных экологических групп

Показатели	Виды растений		
	белоус торчащий	клевер луговой	рдест курчавый
Площадь листа, см²			
Толщина листовой пластинки,			
Толщина эпидермиса с кутикулой, мкм			
Развитие механической ткани			
Палисадная паренхима – число слоев – форма клеток – размеры клеток, мм			
Развитие губчатой паренхимы			
Расположение устьиц			
Количество устьиц на 1 мм²			
Наличие опушенности			
Развитие корневой системы			
Наличие корневых волосков			

Проанализировать полученные результаты и определить, какие морфологические и анатомические признаки листа, стебля и корня обеспечивают высокий уровень приспособленности водных растений к среде; в каких признаках выражается ксероморфность растений; какое экологическое значение имеют такие признаки, как дифференцировка мезофилла на столбчатый и губчатый, положение устьиц, толщина эпидермиса, наличие опушенности, аэренхимы и т. п.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие экологические группы растений по отношению к фактору увлажнения существуют?

2. В чем особенности мезофитов и их адаптационных возможностей?

3. Какие сообщества имеют наибольшее количество мезофитов? Привести примеры.

4. Какие экологические группы травянистых и древесных растений преобладают в Калининградской области?

5. К какой экологической группе чаще всего принадлежат культурные растения?

Лабораторная работа 9

АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ СТЕБЛЕЙ ГИГРОФИТОВ, МЕЗОФИТОВ И КСЕРОФИТОВ.

Цель: установить адаптивные различия в анатомическом строении стеблей растений разных экологических групп по отношению их к водному режиму.

Материалы: живые, фиксированные в спирте или высушенные растения клевера ползучего (*Trifolium repens*), калужницы болотной (*Caltha palustris*), частухи подорожниковой (*Alisma plantago-aquatica*), вахты трехлистный (*Menyanthes trifoliata*), ситника развесистого(*Juncus effusus*), камыша озерного (*Sciprus lacustris*), белоуса торчащего (*Nardus stricta*), овсяницы овечьей (*Festuca ovina*).

Методические рекомендации. Для получения объективного представления об экологической адаптации растений к определенным условиям обитания необходимо исследовать не только анатомо-морфологические и физиолого-биохимические особенности листьев растений разных экологических групп, но и других органов. Например, анатомическое строение стебля растений разных экоморф не в меньшей степени, чем строение листа отражает условия светового и особенно водного режима. В этом легко убедиться, сравнивая поперечные срезы (в междоузлиях) травянистых растений (рисунки 6–8).

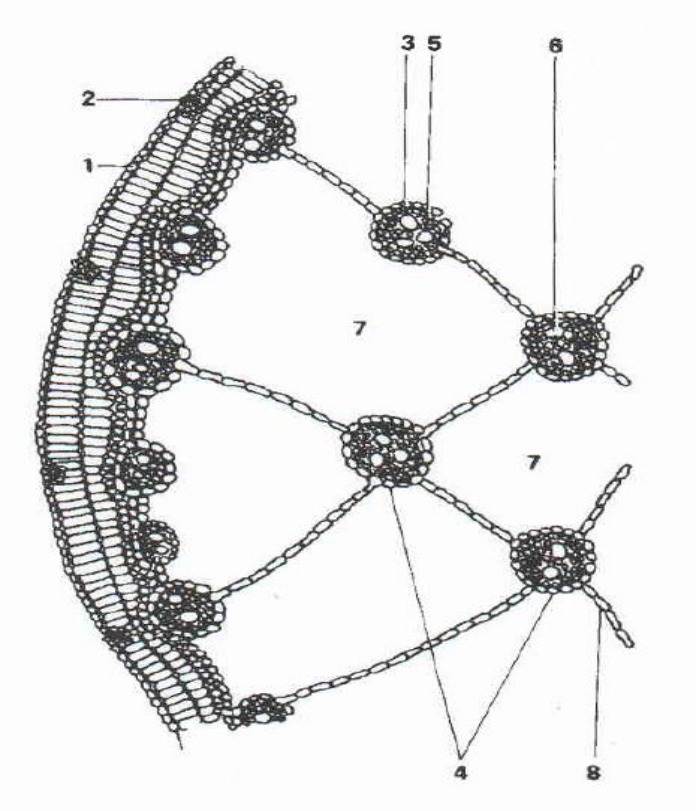

Рисунок 6 – Анатомические особенности стебля камыша озерного:

1 – эпидермис;
2 – склеренхима;
3 – обкладка пучка;
4 – закрытые коллатеральные пучки;
5 – флоэма;
6 – ксилема;
7 – аэренхима;
8 – паренхима

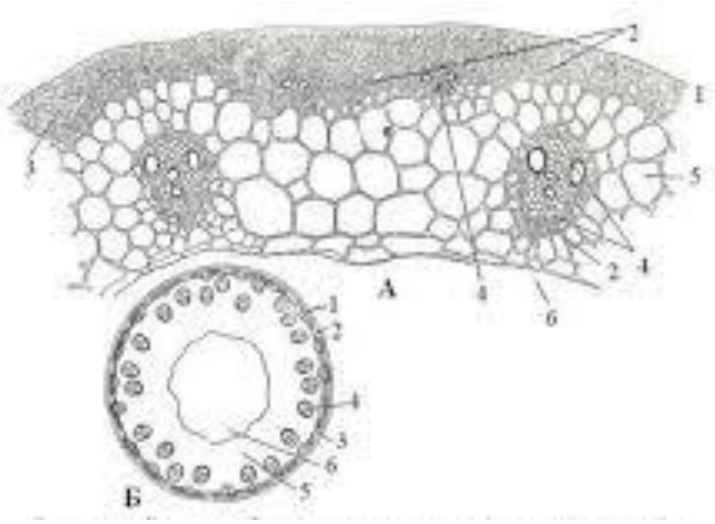

Рисунок 7 – Поперечный срез стебля ржи:
1– эпидерма; 2 – склеренхима; 3 – хлоренхима; 4 – закрытый коллатеральный пучок; 5 – основная паренхима, 6 – полость

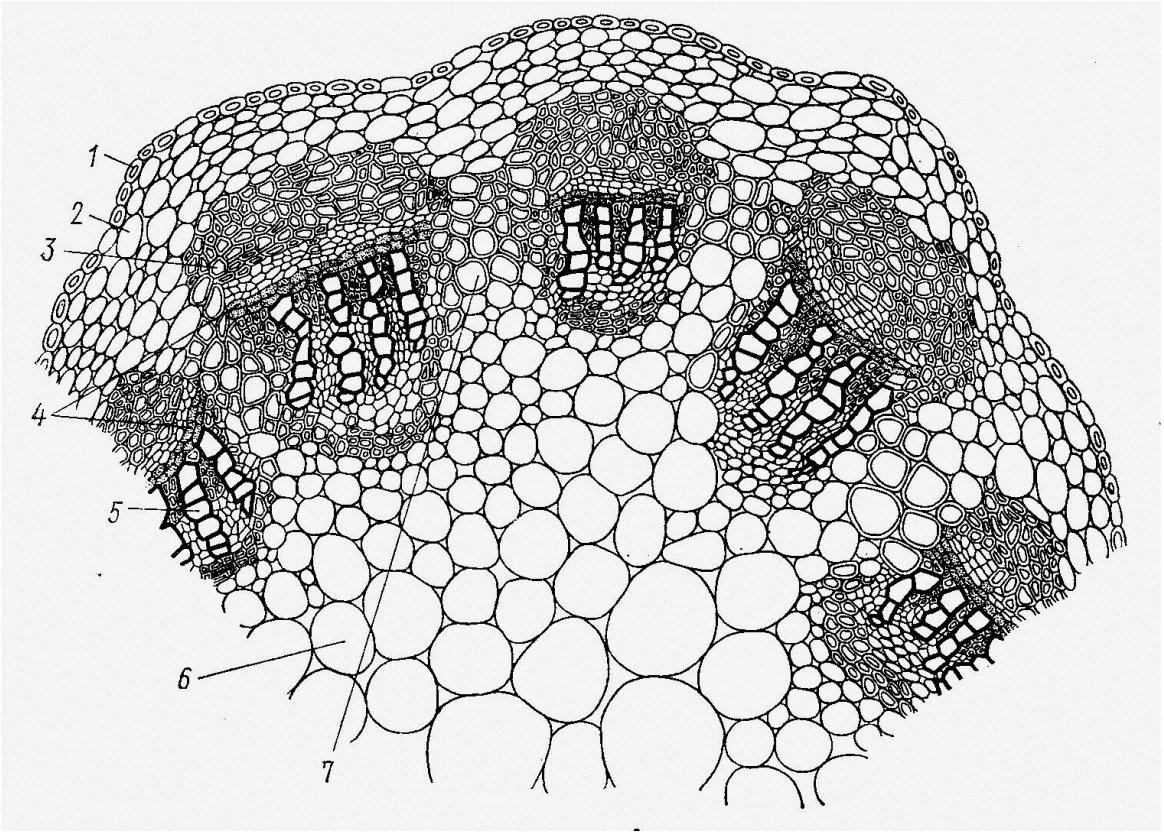

Рисунок 8 – Поперечный разрез двудольного травянистого растения пучкового строения (клевер ползучий – *Trifolium repens*):
1 – эпидермис; 2 – коровая паренхима; 3 – флоэма; 4 – камбий;
5 – вторичная ксилема; 6 – сердцевина; 7 – сердцевина лучи

Задание 1. Сравнить морфологические особенности гигрофитов (калужницы, частухи, вахты, ситника и (или) камыша), мезофита (клевера ползучего) и ксерофитов (белоуса торчащего или овсяницы овечьей).

Отметить особенности формы листьев и стеблей, их размеры, интенсивность окраски, наличие опушенности.

Рассмотреть и зарисовать поперечные срезы растений каждой экологической группы. На рисунке измерить площадь, занимаемую паренхимой, механической и проводящими тканями. Выразить полученные величины в процентах от площади среза стебля и сравнить полученные значения для растений разных экологических групп. Объяснить, в каких особенностях анатомо-морфологического строения стебля выражается приспособленность гигрофитов, мезофитов и ксерофитов к водному режиму.

Таблица 9 – Площадь тканей стебля различных экологических групп по отношению к S проводящей ткани

Экологическая группа	S паренхимы, %	S механической ткани, %	S проводящей ткани, %	
Гидрофиты				
Мезофиты				
Ксерофиты				

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Охарактеризовать экологическую группу гигрофитов, сравнить с гидрофитами.

2. Почему многие гидрофиты являются космополитами?

3. Охарактеризовать экологическую группу ксерофитов. Какие адаптационные признаки имеют ксерофиты в связи с недостатком влаги и температурным режимом.

Лабораторная работа 10

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ НАДВОДНЫХ, ПЛАВАЮЩИХ И ПОДВОДНЫХ ЛИСТЬЕВ ГЕТЕРОФИЛЛЬНОГО МАКРОФИТА

Цель: показать адаптивный характер морфолого-анатомических особенностей строения разных типов листьев одного растения.

Материалы: фиксированные в спирте (с глицерином) листья стрелолиста обыкновенного (*Sagittaria sagittifolia*), а также гербарные экземпляры этого растения. Можно рекомендовать также такие растения, как кувшинка чисто-белая (*Nymphaea candida*), шелковник водяной (*Batrachium aquatile*), кубышка желтая (*Nuphar lutea*) и др.

Методические рекомендации. Явление гетерофиллии (различия в форме, размерах и структуре листьев на одном и том же растении) наиболее ярко выражено у пресноводных растений (например, у стрелолиста, кувшинки, кубышки и др.). Так, у стрелолиста листья в прикорневой розетке обычно трех типов: подводные – лентовидные; плавающие – длинночерешковые, овальные или яйцевидные; воздушные – стреловидные (рисунок 9). В данном случае речь идет о так называемой экологически обусловленной гетерофиллии. С этой точки зрения стрелолист, как и другие гетерофилльные макрофиты, является уникальным объектом для изучения экологической пластичности вида, поскольку надводные, плавающие и подводные листья одного растения, находясь в разных экологических условиях, резко отличаются друг от друга по многим морфолого-анатомическим и физиолого-биохимическим параметрам, каждый из которых имеет определенное адаптивное значение. Например, в воздушных полостях кубышки и кувшинки имеются особые «рогатые» клетки неправильной формы – идиобласты (склереиды) (рисунки 10, 11). Эти клетки с толстыми одревесневшими оболочками не дают спадаться воздушным полостям и увеличивают сопротивление листа на сжатие.

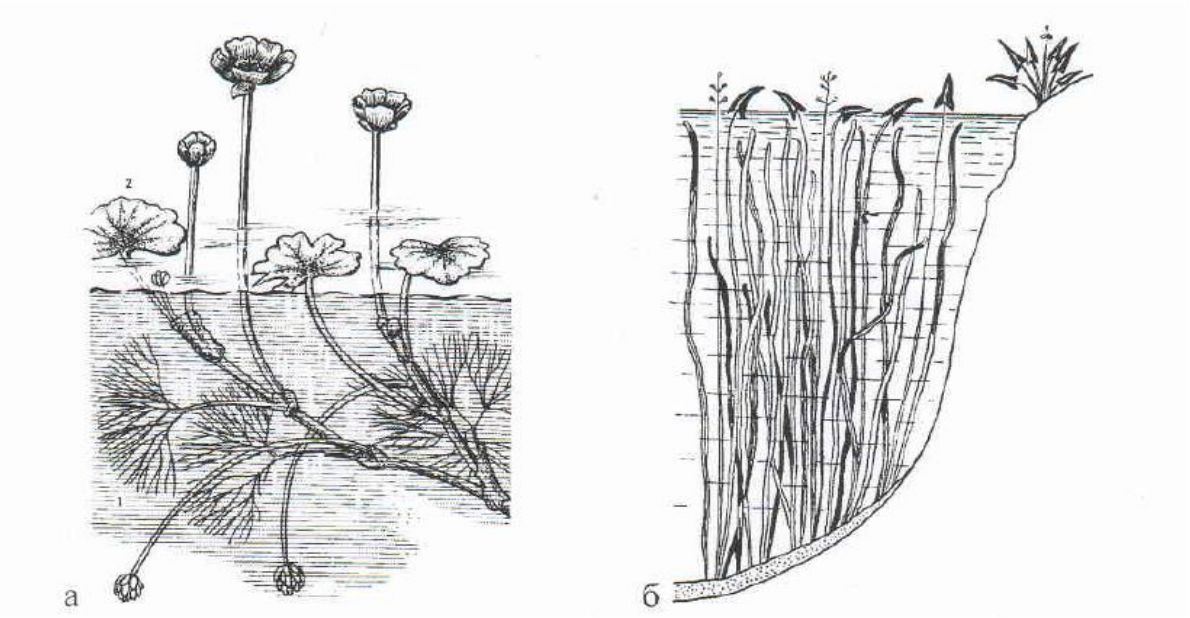

Рисунок 9 – Гетерофиллия у шелковника водяного (а) и стрелолиста (б)

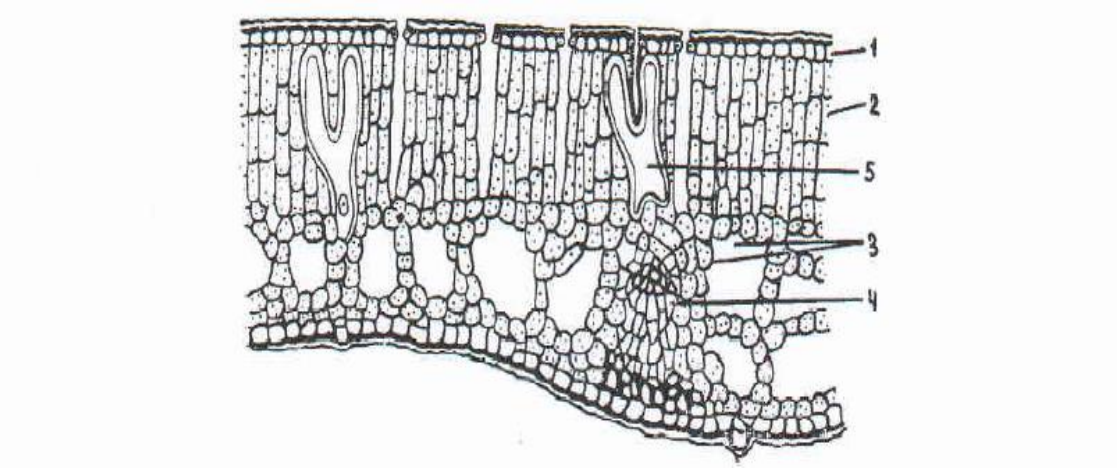

Рисунок 10 – Поперечный срез плавающего листа кубышки желтой:
1 – эпидермис с кутикулой; 2 – палисадная паренхима; 3 – губчатая паренхима с воздухоносными полостями; 4 – сосудисто-волокнистый пучок; 5 – идиобласт

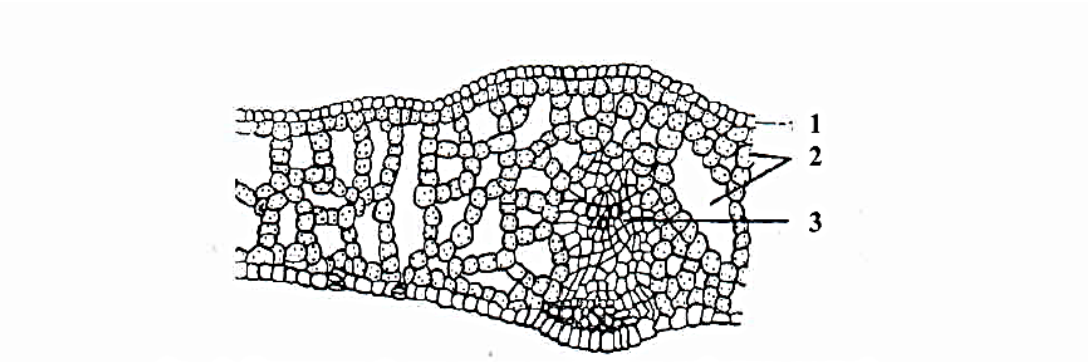

Рисунок 11 – Поперечный срез подводного листа кубышки желтой:
1 – эпидермис; 2 – губчатая паренхима с воздухоносными полостями;
3 – сосудисто-волокнистый пучок

Задание 1. Рассмотреть и зарисовать (по гербарным образцам) надводные, плавающие и подводные листья стрелолиста. Обратить внимание на форму, размеры и окраску листа, его толщину, степень развития жилок. Приготовить поперечные срезы листьев всех трех типов, обработать препараты флороглюцином и суданом III. Рассмотреть препараты при малом и большом увеличении микроскопа, отметив (как и в случае изучения морфологических особенностей листа) степень развития признаков, указанных в таблице 10.

Таблица 10 – Особенности строения надводных, плавающих и подводных листьев стрелолиста

Признаки	Листья		
	надводные	плавающие	подводные
Площадь листа, см²			
Толщина листа, мкм			
Толщина эпидермиса, мкм			
Развитие – палисадной ткани – губчатой ткани – проводящей ткани – механической ткани			
Расположение устьиц			
Количество устьиц на 1 мм²			
Аэренхима			

Дать сравнительный анализ структурной организации различных листьев и объяснить адаптивное значение важнейших морфолого-анатомических признаков.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1.Что такое гетерофиллия и для каких макрофитов она характерна?

2. Какие типы листьев имеет стрелолист?

3. В чем особенности строения плавающего листа кубышки желтой? Чем его анатомо-морфологические особенности отличаются от подводного листа?

4. К какой экологической группе принадлежат полупогруженные в воду растения?

Лабораторная работа 11

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ПЛОДОВ И СЕМЯН АВТОХОРНЫХ И АЛЛОХОРНЫХ РАСТЕНИЙ

Цель: установить приспособления плодов и семян для распространения их ветром.

Материалы: коллекции плодов и семян таких растений, как одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), осот полевой (*Sonchus arvensis*), бодяк полевой (*Cirsium arvense*), рогоз широколистный (*Typha latifolia*), сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*), береза бородавчатая (*Betula verrucosa*), вяз шершавый (*Ulmus glabra*), ясень обыкновенный (*Fraximus excelsior*), клен платановидный (*Acer platanoides*), граб (*Carpinus betulus*), виды семейств грушанковых, ивовых и любые другие имеющиеся в наличии коллекционные экземпляры плодов и семян.

Методические рекомендации. Все особенности плодов, как самых пластичных органов покрытосеменных, определяются необходимостью создания оптимальных условий защиты развивающихся семян обеспечения наилучших возможностей для расселения растений при минимальных затратах пластических веществ и энергии. Для того, чтобы семена легко подхватывались и разносились ветром, другими словами, были летучими, они должны иметь малые размеры и удельный вес, а также достаточно большую парусную поверхность. Необходимые аэродинамические свойства обеспечиваются деталями строения семян и плодов анемохоров – наличием крылатых выростов – крылаток, летучек, многочисленных волосков и др.

Задание 1. Рассмотреть и зарисовать плоды и семена анемохорных растений, обратив особое внимание на их приспособления к ветроопылению (рисунки 12, 13).

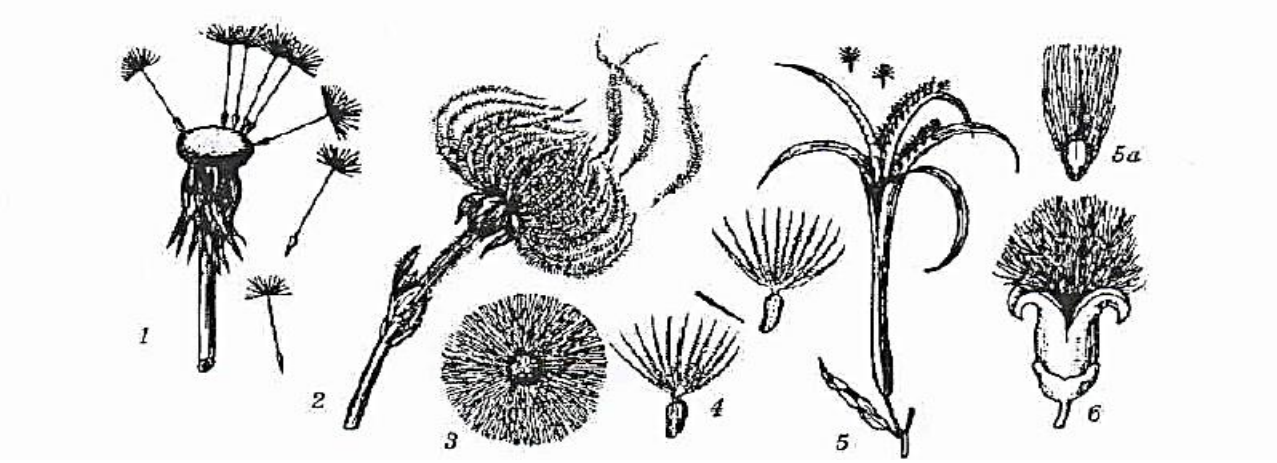

Рисунок 12 – Плоды (1, 2, 4, 6) и семена (3, 5) анемохорных растений:
1 – одуванчик; 2 – гравилат; 3 – хлопчатник; 4 – чертополох; 5 – кипрей;
5а – семя из него в продольном разрезе; 6 – раскрытый плод тополя

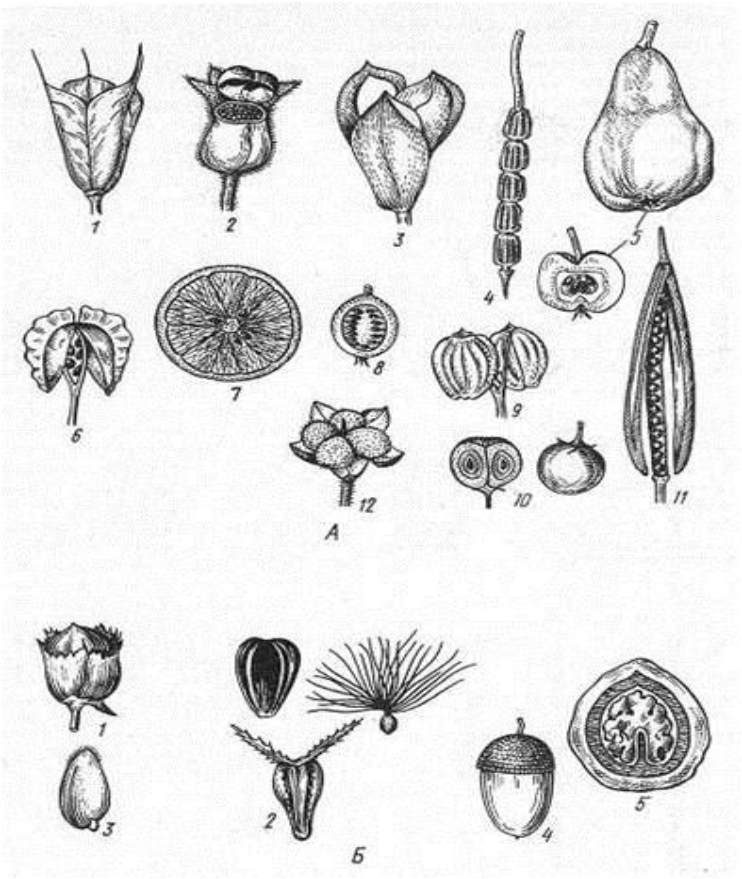

Рисунок 13 – А – Плоды: 1 – Семейство лютиковые – плод листовка; 2 – Плод урночка; 4 – Стручок; 5 – Яблоко; 6 – Стручочек; 7 – Гесперидий; 8 – Многоорешек; 9 – Вислоплодник; 10 – Ягода; 11 – Стручек; 12 – Семянка; Б – Плоды: 1 – Орех; 2 – Семянки; 3 – Фасоль; 4 – Желудь; 5 – Грецкий орех

Таблица 11 – Классификация плодов растений по способу распространения

Виды растений	Анемо-хоры	Гидро-хоры	Зоохоры				Автохоры	
			экзозоо-хоры	эндо-зоохоры	орнито-хоры	мирмеко-хоры	механо-хоры	баро-хоры

Составить списки наиболее типичных анемохорных и зоохорных растений местной флоры, отметить их особенности.

Обсудить особенности строения и распространения сорных растений, приносящих значительный вред сельскохозяйственному производству.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На какие экологические группы делятся растения по способу распространения плодов и семян?

2. Какие абиотические агенты служат для распространения плодов и семян?

3. Какие биотические факторы служат для распространения новых видов?

4. Участвует ли человек в распространении новых видов?

5. Плоды и семена каких растений распространяются водными течениями?

Лабораторная работа 12

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙ РАСТЕНИЙ

Цель: дать представление о минеральном питании растений, роли отдельных элементов в жизни растений, обучить технике эксперимента.

Материалы и оборудование: семена фасоли, тыквы, пшеницы, ржи, ячменя, реактивы ($Ca(NO_3)_2$, KH_2PO_4, $MgSO_4$, KCl, NaH_2PO_4, NaCl, $CaSO_4$, $FeCl_3$), куриный помет, вода, стеклянные банки с полиэтиленовыми крышками емкостью 0,5–1,0 л, весы с разновесами, черная и белая бумага, универсальная индикаторная бумага, вата, стеклянные палочки, стеклянные трубки длиной 30–40 см, линейка, клей, пинцет, пипетка, сверло пробочное, колбы емкостью 1 л для хранения растворов, резиновая груша для продувания сосудов.

Методические рекомендации.

Водные культуры. Простые по постановке опыты с водными культурами дают столь наглядные результаты, что могут вызвать живой интерес студентов к экспериментальной работе по физиологическим основам экологии растений. Вместе с тем они требуют хорошей подготовки, которая включает монтировку сосудов, выращивание рассады для водных культур, приготовление растворов для питательных смесей.

Монтировка сосудов. Для водных культур используют стеклянные банки емкостью 0,5–1,0 л в зависимости от размеров выращиваемых растений. Банки следует обернуть сначала плотной черной бумагой (для затемнения питательного раствора, чтобы в нем не развивались одноклеточные водоросли), а затем белой (для отражения солнечных лучей). На дно банки надо надеть бумажные поддонники из плотной темной бумаги. Банку необходимо закрыть полиэтиленовой крышкой с отверстиями для растений и стеклянной трубки, через которую с помощью груши будет продуваться воздух (рисунок 14).

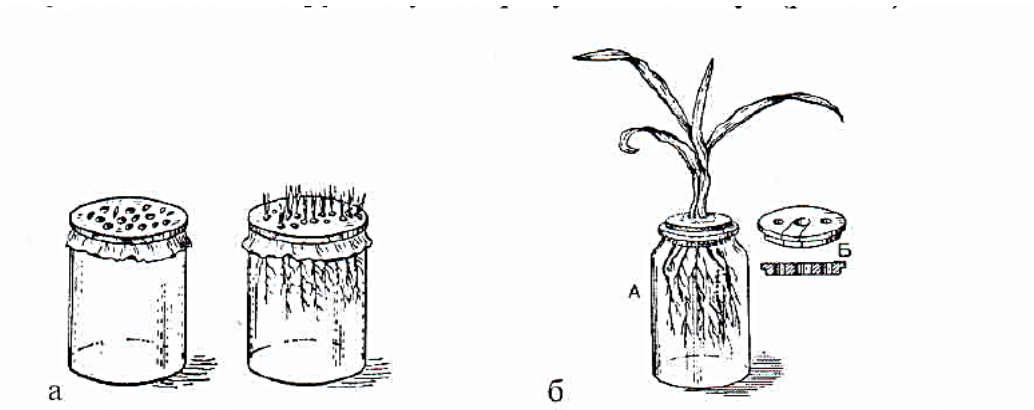

Рисунок 14 – Сосуды для водных культур (а) и выращивания рассады (б)

Выращивание рассады. Здоровые, одинаковые по размеру семена следует прорастить на влажных опилках. Когда длина корешков проросших семян достигнет 1–2 см, их требуется пересадить в пол-литровые банки, наполненные водопроводной водой. Для этого в полиэтиленовой крышке пробочным сверлом диаметром 0,5 см сделать 6–8 отверстий, через которые осторожно пропустить корешки проростков и укрепить их кусочком ваты. В банку налить воду и закрыть крышкой так, чтобы корешки только касались воды (рисунок 14).

Когда проростки полностью израсходуют питательные вещества семени (у двудольных при появлении первых двух настоящих листьев, у однодольных – третьего листа), надо отобрать одинаковые растения и пересадить их в сосуды большего размера.

Приготовление питательных смесей. Для приготовления питательных смесей следует брать дистиллированную или кипяченую воду. Каждую соль необходимо растворить в отдельном сосуде во избежание образования труднорастворимых осадков.

Для выяснения влияния отдельных элементов минерального питания на рост и развитие растений применяют среду Кнопа (полная питательная смесь) с исключением отдельных элементов, г/л раствора:

Полная питательная смесь

$Ca(NO_3)_2$,	1,00
или $Ca(NO_3)_2 \times 4H_2O$	1,44
KH_2PO_4	0,25
$MgSO_4$	0,25
или $MgSO_4 \times 7H_2O$	0,51
KCl	0,125
$FeCl_3$	0,0125 (т. е. следы)

Питательная смесь без калия

$Ca(NO_3)_2$	1,00
NaH_2PO_4	0,25
NaCl	0,09
$MgSO_4 \times 7H_2O$	0,51
$FeCl_3$	следы

Питательная смесь без фосфора

$Ca(NO_3)_2$,	1,00
KCl	0,255
$MgSO_4 \times 7H_2O$	0,51
$FeCl_3$	следы

Питательная смесь без азота

$CaSO_4 \times 2H_2O$	1,03
NaH_2PO_4	0,25
KCl	0,125
$MgSO_4 \times 7H_2O$	0,51
$FeCl_3$	следы

При приготовлении среды соли необходимо вносить в таком порядке, в каком они указаны выше в составах. После внесения каждой соли раствор следует тщательно размешивать стеклянной палочкой, а пипетку промывать водой.

Затем с помощью универсальной индикаторной бумаги требуется определить pH. В случае надобности подщелачивание или подкисление производят слабым раствором NaOH или HCl. Для большинства культур pH должен быть в пределах 5,5–6,5.

Почвенные культуры. Значение минеральных и органических веществ для питания растений можно выяснить, используя и почвенные культуры. Для этого растения подкармливают во время их роста. Навозную подкормку готовят следующим образом: 10 г куриного помета положить в пол-литровую банку, залить водой и поставить в теплое место, время от времени помешивая палочкой. Через 10 суток жидкость профильтровать и разбавить ее водой до 2 л.

Задание 1. **Водные культуры.** Отобрать проростки, одинаковые по высоте стебля, длине и числу корней и листьев. Основания стеблей обернуть ватой и закрепить в отверстиях крышек сосудов так, чтобы семядоли не были погружены в раствор, а находились непосредственно под крышкой. В каждый сосуд высадить по три растения. Для лучшей аэрации корни должны быть погружены в раствор не более чем на 2/3 их длины.

Банки с раствором и растениями, снабженные этикетками «Полный раствор», «Раствор без азота», «Раствор без калия», «Раствор без фосфора» поставить в хорошо освещенное место. Для обогащения питательного раствора кислородом раз в 2–3 суток продувать его воздухом в течение 5 мин с помощью груши через стеклянную трубку. Количество раствора в баках регулярно пополнять (до метки) и каждые две недели менять полностью. Ежедневно или через день проверять pH раствора. Опыт продолжается 4 недели.

В течение всего опыта вести дневник наблюдений, в котором давать полную характеристику роста и развития растений: изменение высоты стебля, числа и площади листьев, сырой массы корней и надземных частей, отмечать признаки угнетения растений, проявляющиеся в результате недостатка того или иного элемента питания. Желательно 2–3 раза в течение опыта сфотографировать растения. Результаты опыта занести в таблицу 12.

Таблица 12 – Результаты опыта с водными культурами

Вид смеси	Высота растения, см	Масса, г			Число листьев
		всего растения	надземной части	корней	
Полная смесь					
Смесь без калия					
– без фосфора					
– без азота					
Вода без минеральных веществ					

По содержанию таблица может быть и другой. Например, в таблицу можно включить сведения об объеме поглощенной воды в расчете на объем корневой системы, о сухой массе различных органов растений и т. д.

Почвенные культуры. Взять три одинаковых растения фуксии (или герани). Измерить их высоту, отметить, как выглядят боковые веточки (измерить их длину) и листья.

Поставить растения рядом. Одно из них поливать водой (это контрольное растение), другое – полным питательным раствором, третье – навозной подкормкой. Пред тем как вносить питательный раствор, обильно поливать растение водой. Подкормку производить один раз в 10 сутки, между подкормками поливать растение обычной водой.

Результаты наблюдений записывать в тетрадь. Сравнить рост, развитие и урожай контрольного и опытных растений.

Сделать вывод о влиянии минеральных и органических удобрений на все исследуемые вами показатели.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какое значение pH срезы рекомендовано для культурных растений?
2. Какими веществами осуществляют подщелачивание или подкисление?
3. Рассказать постановку эксперимента.
4. Как называется полная питательная смесь и что входит в ее состав?
5. Чем принципиально будут отличаться водная и почвенная культура?
6. Как называется способ выращивания растений с использованием водной среды?

Лабораторная работа 13

ТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВЫ КАК СЛЕДСТВИЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Цель. Изучить влияние загрязненности почвы около дорог на всхожесть и урожайность зеленой массы растений.

Материалы и оборудование.

1. Пластиковые стаканчики 15–20 шт.
2. Совок или лопата.
3. Семена кресс-салата, фасоли пятнистой (коэффициент всхожести не менее 95 %).
4. Чашки Петри, марля и водопроводная вода для замачивания семян.

Задание 1.

1. Набрать земли (гумусовый слой) у проезжей части дороги (на расстоянии 2 и 250–300 м от проезжей части). Для чистоты эксперимента важно, чтобы характер почвы и растительный покров были одинаковыми.

2. Замочить по 5 семян каждого вида растения (обложить влажной марлей) и посеять через неделю на глубину 1–2 см в приготовленную для опыта почву в пластиковых стаканчиках. Проделать аналогичные действия с контрольным образцом почвы.

3. Через 2–3 дня определить коэффициент всхожести К как отношение числа всходов к общему числу семян. Чем больше коэффициент всхожести, тем жизнеспособность растения выше.

4. Через 2 недели проростки каждого вида растения измерить. Результаты занести в таблицу 13. Сделать выводы по работе.

Таблица 13 – Влияние загрязненности почв на всхожесть и длину проростков зерновых растений

№ п/п	Вид растения	Опыт		Контроль	
		К	длина стебля, см	К	длина стебля, см
1					
2					
….					

Пользуясь таблицей, обобщите результаты и ответьте на вопросы:

а) У каких растений выше коэффициент всхожести?

б) У каких растений больше зеленая масса?

в) Одинакова ли окраска у контрольных и испытуемых растений?

Если в токсичной почве происходит торможение появления проростков, то для этого образца почвы исходный уровень отсчета берут на неделю – две позже, чем у контрольного образца. Для оценочных исследований воздействия промышленных предприятий и дорог на свойства почвы, следует добиться одинаковых физико-химических свойств почвы, например, высушить образцы в сушильном шкафу до определенного уровня влажности, следует также просеять почву и удалить растительные или животные останки. Семена кресс-салата и фасоли пятнистой также можно использовать для тестирования атмосферных осадков, Сточных вод с промышленных предприятий.

Задание на дом

Подготовить сообщения «Состав выхлопных газов и их влияние на развитие древесных растений», «Растения-биоиндикаторы почв».

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое почва и гумусовый слой?
2. От чего зависит содержание гумуса в почве?
3. Что характерно для токсичной почвы и в чем это проявляется?
4. Что такое растение – биоиндикатор?
5. Какую функцию выполняют древесные растения, высаженные вдоль транзитных магистралей?

Лабораторная работа 14

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА РЯСКОВЫЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД

Цель. Освоение методики биотестирования сточных вод (загрязненных) в лабораторных условиях при использовании растений ряски малой.

Материалы и оборудование.

температура воды 27–28 ºС;

качество света – белый свет электролампы (не менее 500 лк);

количество раствора – 200 мл;

количество тестируемых растений на поверхность – 20 шт.;

повторность опыта – 4-х кратная;

контроль – условно чистая вода (водопроводная вода, отстаиваемая двое суток);

чашки Петри (по 4 шт. на вариант);

мерный цилиндр на 200 мл;

пинцет.

Методические рекомендации.

В качестве объекта исследований применяется Ряска малая *(Lemna minor L*) семейство Рясковые (*Lemnaceae*).Важным преимуществом данного тест-объекта являются быстрая скорость размножения и простота морфологического строения.

Представители семейства рясковых представляют собой изолированную группу однодольных растений. Размер растений не превышает 1 см.

Рясковые – это водные, свободно плавающие или погруженные (например, ряска тройчатая *Lemna trisulka*), большей частью многолетние растения-космополиты (особенно ряска малая *Lemna minor),* распространены по всей Земле, за исключением жарких сухих пустынь и холодных полярных областей.

Около половины из 30 видов семейства обитают в тропиках и субтропиках, остальные – в умеренном поясе. Вегетативное тело рясковых по виду напоминает крошечный плавающий лист или слоевище низших растений, поэтому длительное время их считали водорослями.

Единодушного мнения в терминах для обозначения тела этих растений не сформировалось до сих пор, у отечественных ботаников чаще употребляется термин листец, у зарубежных – фронд.

Форма листецов самая разнообразная: почковидная, округлая, эллиптическая, ланцетная, линейная, шаровидная и овальная. Проводящая система у рясковых практически отсутствует. Корни отсутствуют или слабо развиты (у многокоренника) и не достигают грунта.

Размножение преимущественно вегетативное. Интенсивный рост идет с июня по август, растения удваивают массу за 1–6 суток, а удвоение количества листецов происходит за 2–3 суток.

Ряска малая – маленькое многолетнее плавающее на поверхности воды растение, имеющее упрощенное строение: не расчленяется на стебель и листья,

а представляет собой зеленое листовидное тельце – «листец», темно-зеленого цвета 0,5–1 см в диаметре, от которого в воду отходит одиночный корень.

Задание 1. В поставленном опыте исследуется выживаемость растений ряски малой при разных концентрациях тяжелых металлов в сточной воде.

Опыт – 3-х вариантный:

1. Сточная вода без очистки.
2. Сточная вода, разведенная в 2 раза.
3. Сточная вода, разведенная в 4 раза.

В качестве разбавляющего раствора используют условно чистую воду (водопроводная вода, отстаиваемая двое суток). Каждые двое суток растворы во всех вариантах и во всех повторностях необходимо менять.

Для оценки воздействия загрязнителя применим метод подсчета реализации репродуктивного потенциала. Выбирают время удвоения численности (**$t_{удв}$**), рассчитываемое через коэффициент мгновенного роста популяции (**r**), изменение которого отражает отрицательное воздействие среды, т. е. характеризует сумму всех лимитирующих факторов, препятствующих реализации репродуктивного потенциала, который рассчитывается по отношению к контролю.

По истечении времени экспозиции в контроле и в каждом варианте учитывают общее количество листецов, включая материнские особи и листецы, отделившиеся от материнской особи.

В контроле и в каждой концентрации на основании полученных результатов рассчитывается коэффициент мгновенного роста популяции **r**. Далее по каждому времени экспозиции **t** рассчитывается время удвоения численности **$t_{удв.}$** Показатель изменения времени удвоения численности ряски **D_t** в исследуемых растворах по отношению к контрольному выражается в процентах, который характеризует степень загрязненности пробы воды по вариантам.

Расчеты

Используя метод подсчета реализации репродуктивного потенциала, рассчитаем показатель изменения удвоения численности растений ряски.

Коэффициент мгновенного роста популяции:

$$r = In(N_t) - In(N_0) / t,$$

где N_0 – начальная численность листецов; N_t – конечная численность листецов; t – время экспозиции, сутки.

Время удвоения численности:

$$t_{удв} = In(2) / r = 0,6931 / r.$$

Показатель изменения времени удвоения численности ряски:

$$D_t = ((t_{удв.к} - t_{удв.\ исслед.}) / t_{удв.к}) \times 100\%,$$

где $t_{удв.к}$ – время удвоения численности в контроле; $t_{удв.\ исслед.}$ – время удвоения численности в исследуемом растворе.

Конечные результаты оформляются в виде таблицы.

Статистически достоверным следует считать отклонение ± 20 % от времени удвоения в контроле.

Отклонение в сторону увеличения при токсикологическом анализе возможно в исключительных случаях подпорогового воздействия концентраций токсикантов, отклонение в сторону уменьшения показывает степень воздействия токсиканта.

По результатам проведенной лабораторной работы необходимо сделать общее заключение и выделить вариант, при котором отсутствовали признаки токсичности.

Таблица 14 – Результаты биотестирования качества воды

Вариант	Коэффициент мгновенного роста популяции, r	Начальная численность листецов, N_0	Конечная численность листецов, N_t	Время экспозиции, t, сут.	Время удвоения численности, $t_{удв.}$	Изменение времени удвоения численности, D_t, %
1. Контроль						
среднее						
2. Условно загрязненная вода						
среднее						
3. Условно загрязненная вода, разведенная в 2 раза						
среднее						
4. Условно загрязненная вода, разведенная в 4 раза						
среднее						

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое растения-космополиты?
2. К какой экологической группе относится объект?
3. За какой период количество экземпляров удваивается?
4. Может ли объект служить индикатором степени загрязнения вод?
5. Дайте определение: что такое растения индикаторы?
6. В каких областях знания используются биоиндикация?
7. Рассказать о ходе эксперимента.

Лабораторная работа 15

КАЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ НИТРАТОВ

Цель. Освоить качественную реакцию определения нитратов дифениламином, сравнить содержание нитратов в различных частях овощей.

Материалы и оборудование. Свежие и лежалые овощи: свекла, морковь, картофель, огурцы, выращенные в парнике и открытом грунте, цветочная почка (кочан) капусты. Также можно использовать овощи, выращенные с применением удобрений. Инструменты: скальпель (ножницы), пипетка или шприц. Химические реактивы: дифениламин (кристалл), серная кислота (конц.).

Задание 1.

1. Приготовить срезы овощей у основания, сердцевины и периферийной части. У капусты срезы делают у внешних и внутренних глубоко лежащих листьев. В каждом случае выбирают контрольный и опытный образцы.

2. На свежий срез нанести 3–5 кристаллов дифениламина, через 2 мин капнуть на них 1–2 капли серной кислоты. Стойкое яркое посинение говорит о высоком содержании нитратов.

3. В столбцах «опыт» и «контроль» тщательно отмечается часть плода, который изучается на содержание нитратов, проставляют плюсы или минусы. Если окраска слабая и исчезает, то напротив соответствующего образца выставляют минус, если окраска слабо розовая, выставляют два плюса, если образуется сине-фиолетовое окрашивание − три плюса. Если окрашивание отсутствует, выставляют один минус. При неопределенных, сомнительных результатах проставляют минус /плюс.

4. Объяснить результаты, используя заполненную таблицу 15.

Таблица 15 – Качественная реакция на нитраты

№ п/п	Результаты	
	Опыт	Контроль
1		
2		
3		
…..		

Обосновать химизм реакции между нитратом и дифениламином. Ответ обосновать, используя понятия «биотрансформация» и «метаболизм».

Приготовить сообщения на темы: «Многообразие метгемоглобинообразователей в быту», «Правила внесения минеральных удобрений», «Кулинарная обработка для предотвращения поступления нитратов в пищу».

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое нитраты?
2. Из каких источников нитраты поступают в организм человека?
3. Как распределяются нитраты в различных органах и тканях растений?
4. Как влияет срок уборки урожая на содержание нитратов в продукции?

Лабораторная работа 16

МНОГООБРАЗИЕ ТОКСИНОВ РАСТЕНИЙ

Цель. Систематизировать знания о фитотоксинах растений Северо-Запада России.

Материалы и оборудование: Гербарий растений, содержащих алкалоиды и гликоалкалоиды; литература: определители, справочная литература по лекарственным растениям.

Методические рекомендации. Фитотоксины включают следующие группы метаболитов, выполняющих различные функции, в частности обеспечивающие защиту растений от фитофогов.

Алкалоиды – это продукты метаболизма растений. Алколоиды накапливаются в количестве до 10 % (в сухих растениях) в различных частях: корне, стебле, листьях в зависимости от вида растений. Накопление алкалоидов в условно токсичных растениях зависит от климата, характера почвы, времени года.

Атропин содержится в представителях сем. Пасленовые: дурмане обыкновенном (*Datura stramonium L.),* белене чёрной (*Hyoscyamus niger L.*), белладонне обыкновенной (красавке) − (*Atropa beladonna*).

Гиосциамин – алкалоид, как и атропин, содержащийся в белене.

Кониин содержится в растениях сем. Зонтичные, например, в болиголове пятнистом (омег пятнистый) − *Conium maculatum L*. Стебель болиголова легко можно спутать со стеблем дягиля лекарственного (дудник, *Archangelica officinalis* (*Moench Hoffm).* При отравлении кониином промывают желудок 0,1%-ным раствором КMnO4, принимают слабительное.

Люпинин встречается в растениях сем. Люпинов, например, в роде Люпин, а также в сем. Лютиковые. Характерный представитель − живокость

посевная (*Delphinium consolida* L., Consolida arvensis Opiz.), (синонимы: шпорник, василёк рогатый).

Гликозиды классифицируют по химическому составу составных компонентов. Так, *циангликозиды* − гликозиды с азотсодержащим агликоном, при расщеплении (пиролизе) которого образуется синильная кислота. Содержатся в растениях различных семейств, например, вике, клевере, люцерне, черемухе, лавровишне, а также в косточках плодовых растений, например, персика, абрикоса.

Серогликозиды − гликозиды с агликоном, содержащим атом серы. При расщеплении серогликозидов образуется эфирное масло.

Сердечные гликозиты – гликозиды с агликоном, не содержащим атом серы. Сердечные гликозиты действуют преимущественно на сердечно-сосудистую систему.

Гликоалколоиды – гликозиды с агликоном, представляющим алкалоид. Характерное свойство гликоалколоидов – нейротоксичность. Среди гликоалколоидов наиболее широко известен соланин. Он характерен для растений сем. Пасленовые, например, содержится в паслене черном, а также в незрелых клубнях картофеля.

Сапонингликозиды − гликозиды с агликоном, представляющим сапонин. Последний представляет собой группу органических веществ, обладающих гемолитическими и пенообразующими свойствами.

Кумарин − вещество, понижающее свертывание крови (нарушает синтез коагулирующих веществ в крови).

Фитонциды (от греч. «фитон» − растение и лат. «цедерес» − убивать) − это токсичные вещества растений, обладающие бактерицидными и бактериостатическими свойствами. Многие фитонциды влияют на функции организмов простейших и грибов.

Задание 1. Пользуясь определителями и справочной литературой, заполнить таблицу 16, записывая названия растений и семейств по-русски и латыни.

Таблица 16 – Фитотоксины растений средней полосы

№ п/п	Вид	Семейство	Токсин	Действие на организм
1				
2				

Рисунок 15 – Белена черная

Рисунок 16 – Болиголов пятнистый

Рисунок 17 –Люпин

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В каких растения преобладают алкалоиды, а в каких − гликозиды?

2. Как можно проверить действие фитонцидов растений друг на друга?

3. Какие вы предложите варианты экспериментов, показывающих действие растений друг на друга, совокупное действие нескольких растений на растения другого вида?

4. Допустимо ли присутствие лютиковых на сенокосах и пастбищах? Какие существуют ограничения?

5. Затрачивает ли растение дополнительную энергию на синтез токсинов?

6. Какой тип взаимодействий складывается между растениями и животными в данном варианте?

7. Как используются растения содержащие токсины в фармокогнозии? Привести примеры.

2 ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

При выполнении лабораторных работ по дисциплине «Экология растений» студенты сталкиваются с различными поражающими факторами, которые могут нанести вред здоровью. В связи с этим перед началом выполнения работ, они проходят вводный инструктаж по безопасным приемам проведения работ, устройству и применению защитных приспособлений, соблюдению санитарно–гигиенических правил и противопожарной техники.

После инструктажа и индивидуального опроса каждый студент расписывается в журнале по технике безопасности лаборатории, в которой проходят занятия.

Кроме того, приступая к выполнению очередной лабораторной работы, преподаватель знакомит студентов с правилами безопасного обращения с оборудованием и материалами, предупреждает о возможных опасностях.

Общие правила проведения работ:

– во время работы в лаборатории необходимо соблюдать чистоту, тишину, порядок и правила техники безопасности, так как поспешность, неряшливость часто приводят к несчастным случаям с тяжелыми последствиями;

– к выполнению лабораторной работы допускаются студенты, прошедшие инструктаж на рабочем месте;

– запрещается работать без халата, одному, курить, принимать пищу, воду;

– каждый работающий в лаборатории должен знать, где находятся средства противопожарной защиты и аптечка;

– нельзя приступать к работе без разрешения преподавателя;

– приступая к выполнению работы, следует ознакомиться со свойствами применяемых в опытах веществ (токсичность, огнеопасность и т. д.);

– нельзя работать с реактивами без этикеток;

– нельзя брать реактивы руками, так как многие из них могут вызвать сильное раздражение кожи и в ряде случаев экзему;

– после окончания эксперимента посуду следует помыть, рабочий стол привести в порядок.

Правила работы с электрооборудованием:

– приступая к работе на оборудовании и приборах, имеющих электропитание напряжением свыше 36 В, следует проверить исправность изоляции, состояние электропроводки и заземления;

– в случае обнаружения повреждения изоляции прибор включать запрещается, об этом следует немедленно поставить в известность преподавателя;

– если во время работы электроприбора ощущается запах гари, происходит искрение, прибор следует немедленно отключать от сети и известить об этом преподавателя;

– категорически запрещается самостоятельно производить ремонт в электроустановках и приборах;

– при возникновении пожара следует немедленно обесточить электроустановку;

– запрещается тушить водой или пенными огнетушителями электроустановки находящиеся под напряжением. Тушение электроустановок необходимо производить с помощью углекислотных или порошковых огнетушителей, а так же сухим песком.

Первая помощь при ожогах и отравлениях:

– при ранениях стеком нужно удалить осколки из раны (если они в ней остались), и, убедившись, что их там больше нет, смазать рану йодом и перевязать пораненное место.

– при термических ожогах первой и второй степени обожженное место можно присыпать питьевой содой. Помогают примочки 2%-ного раствора питьевой соды, 5%-ного раствора перманганата калия или 96%-ного этилового спирта. Он оказывает также обеззараживающее и обезболивающее действие;

– при ожогах крепкими кислотами требуется обмыть обожженное место большим количеством воды, а затем 3%-ным раствором питьевой соды;

– при ожогах щелочами кожу надо промыть водой, а затем нейтрализовать слабым раствором борной кислоты;

– при отравлении необходимо вывести пострадавшего на свежей воздух, сделать искусственное дыхание и вызвать врача;

– в случае воспламенения одежды набросить на пострадавшего халат или одеяло.

За нарушение правил техники безопасности студенты отстраняются от выполнения лабораторной работы.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Барыкина, Р. П. Большой практикум по ботанике: экологическая анатомия цветковых растений / Р. П. Барыкина, Н. В. Чубатова. – Москва: КМК, 2005.

2. Викторов, Д. П. Малый практикум по физиологии растений / Д. П. Викторов. – Москва: Высшая школа, 1983.

3. Горышина, Т. К. Практикум по экологии растений / Т. К. Горышина, И. С. Антонова, Ю. И. Самойлова. – Санкт-Петербург: Изд-во С.-Пб. Ун-та, 1992.

4. Горышина, Т. К. Экология растений / Т. К. Горышина. – Москва: Высшая школа, 1979.

5. Двораковский, М. С. Экология растений / М. С. Двораковский. – Москва: Высшая школа, 1983.

6. Кокин, К. А. Экология высших водных растений / К. А. Кокин. – Москва: Изд-во МГУ, 1982.

7. Культиасов, И. М. Экология растений / И. М. Культиасов. – Москва: Изд-во МГУ, 1982.

8. Лемеза, Н. А. Практикум по экологии растений: учеб. пособие / Н. А. Лемеза, И. И. Смолич. – Минск: БГУ, 2004.

9. Лотова, Л. И. Морфология и анатомия высших растений / Л. И. Лотова. – Москва: Эдиториал УРСС, 2000.

10. Михайловская, Н. С. Строение растений в связи с условиями жизни / Н. С. Михайловская. – Москва: Просвещение, 1977.

11. Нагалевский, В. Я. Экологическая анатомия растений / В. Я. Нагалевский, В. Г. Николаевский. – Краснодар: Изд-во Кубанского гос. ун-та, 1981.

12. Поплавская, Г. И. Экология растений / Г. И. Поплавская. – Москва: Сов. Наука, 1944.

13. Серебряков, И. Г. Полевая геоботаника: жизненные формы высших растений и их изучение / И. Г. Серебряков. – Москва: Наука, 1964.

14. Тимонин, А. К. Большой практикум по экологической анатомии покрытосеменных растений / А. К. Тимонин, А. А. Нотов. – Тверь, 1993.

15. Практикум по физиологии растений / Н. Н. Третьяков, Т. В. Карнаухова, Л. А. Паничкин [и др.]. – Москва: Агропромиздат, 1990.

16. Чернова, М. Н. Лабораторный практикум по экологии / М. Н. Черно-ва. – Москва: Просвещение, 1986.

17. Шорина, Н. И. Возрастные спектры и численность популяций безвременника великолепного в лесном и субальпийском поясе Западного Закавказья / Н. И. Шорина. – Москва: Наука, 1968.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барыкина, Р. П. Большой практикум по ботанике: экологическая анатомия цветковых растений / Р. П. Барыкина, Н. В. Чубатова. – Москва: КМК, 2005.

2. Викторов, Д. П. Малый практикум по физиологии растений / Д. П. Викторов. – Москва: Высшая школа, 1983.

4. Горышина, Т. К. Практикум по экологии растений / Т. К. Горышина, И. С. Антонова, Ю. И. Самойлова. – Санкт-Петербург: Изд-во С.-Пб. ун-та, 1992.

5. Горышина, Т. К. Экология растений / Т. К. Горышина. – Москва: Высшая школа, 1979.

6. Двораковский, М. С. Экология растений / М. С. Двораковский. – Москва: Высшая школа, 1983.

9. Кокин, К. А. Экология высших водных растений / К. А. Кокин. – Москва: Изд-во МГУ, 1982.

10. Культиасов, И. М. Экология растений / И. М. Культиасов. – Москва: Изд-во МГУ, 1982.

11. Лемеза, Н. А. Практикум по экологии растений: учеб. пособие / Н. А. Лемеза, И. И. Смолич. – Минск: БГУ, 2004.

12. Лотова, Л. И. Морфология и анатомия высших растений / Л. И. Лотова. – Москва: Эдиториал УРСС, 2000.

13. Михайловская, Н. С. Строение растений в связи с условиями жизни / Н. С. Михайловская. – Москва: Просвещение, 1977.

14. Нагалевский, В. Я. Экологическая анатомия растений / В. Я. Нагалевский, В. Г. Николаевский. – Краснодар: Изд-во Кубанского гос. ун-та, 1981.

15. Поплавская, Г. И. Экология растений / Г. И. Поплавская. – Москва: Сов. Наука, 1944.

16. Серебряков, И. Г. Полевая геоботаника: жизненные формы высших растений и их изучение / И. Г. Серебряков. – Москва: Наука, 1964.

17. Тимонин, А. К. Большой практикум по экологической анатомии покрытосеменных растений / А. К. Тимонин, А. А. Нотов. – Тверь, 1993.

18. Третьяков, Н. Н. Практикум по физиологии растений / Н. Н. Третьяков, Т. В. Карнаухова, Л. А. Паничкин и др. – Москва: Агропромиздат, 1990.

19. Чернова, М. Н. Лабораторный практикум по экологии / М. Н. Черно-ва. – Москва: Просвещение, 1986.

20. Шорина, Н. И. Возрастные спектры и численность популяций безвременника великолепного в лесном и субальпийском поясе Западного Закавказья / Н. И. Шорина. – Москва: Наука, 1968.

Локальный электронный методический материал

Ольга Михайловна Бедарева
Татьяна Николаевна Троян
Ольга Владимировна Пундик

ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Редактор С. Кондрашова
Корректор Т. Звада

Уч.-изд. л. 3,5. Печ. л. 3,1.

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1