

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Смоленский государственный университет»

Кафедра экологии и химии

«Утверждаю»

Проректор по учебно-
методической работе
Ю.А. Устименко
«09» сентября 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины
Б1.В.03 Экология растений**

Направление подготовки: 05.03.06 Экология и природопользование

Направленность: Экология и природопользование

Курс –3

Семестр – 5

Форма обучения – очная

Всего зачетных единиц – 3, часов – 108

Лекции – 16 час.

Практические занятия – 34 час.

Самостоятельная работа – 31 час.

Форма отчётности: экзамен – 5 семестр

Программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки
05.03.06 Экология и природопользование

Программу разработал:

доцент, кандидат сельскохозяйственных наук Рыбкина С.В.

Одобрена на заседании кафедры экологии и химии
«02» сентября 2021 года, протокол № 1

Смоленск
2021

1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина Б1.В.03 «Экология растений» относится к блоку обязательных дисциплин вариативной части образовательной программы по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование. Она непосредственно связана с дисциплинами «Общая экология», «Биология» и имеет большое значение в формировании научных представлений об особенностях взаимодействия растения и окружающей среды; влиянии абиотических, биотических и антропогенных факторов на растения.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В процессе освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

- ПК-15 – владением знаниями о теоретических основах биогеографии, экологии животных, растений и микроорганизмов.

В результате освоения дисциплины студент должен

Знать:

- световой и водный режим растений, устойчивость к температуре, химическое и механическое воздействие воздуха, влияние почвенных экологических факторов, роль биотических факторов;
- экологические группы растений по отношению к воде, свету, температуре, минеральному питанию;
- влияние антропогенного фактора;
- жизненные формы растений.

Уметь:

- выявить особенности влияния абиотических и биотических факторов в различных растительных сообществах;
- использовать методы изучения параметров жизнедеятельности растений на практике;
- анализировать результаты наблюдения.

Владеть:

- основными методами изучения природных фитоценозов и отдельных биологических объектов.

3. Содержание дисциплины

Модуль 1. Введение. Экология растений как наука

Связь экологии растений с другими науками. Основные методы экологии растений. Факторы среды. Понятие об экологических оптимумах. Принцип лимитирующих факторов.

Модуль 2. Влияние абиотических факторов на растения

Световой и водный режимы растений. Устойчивость к температуре. Химическое и механическое воздействие воздуха. Орографические факторы среды места обитания растений. Почвенные экологические факторы.

Модуль 3. Роль биотических факторов.

Зоогенные факторы. Фитогенные факторы. Влияние микроорганизмов и грибов на растения.

Модуль 4. Жизненные формы растений.

Соотношение понятий: вид и жизненная форма, экологическая группа и жизненная форма. История учения о жизненных формах. Основные направления в классификации жизненных форм. Эволюция жизненных форм, основные направления.

4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий		
			Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	Введение. Экология растений как наука	5	2	-	3
2	Влияние абиотических факторов на растения	60	10	30	20
3	Роль биотических факторов.	6	2	-	4
4	Жизненные формы растений.	10	2	4	4
	Подготовка к экзамену	27			27
ИТОГО:		108	16	34	58

5. Виды учебной деятельности

Лекции

Модуль 1 (4 часа) Введение. Экология растений как наука.

Экология растений как наука, её задачи. Связь экологии с другими науками. Основные методы экологии растений.

История экологии. Современное состояние экологии растений.

Факторы среды. Среда обитания, экологические факторы как ее элементы. Условия существования. Понятие о местообитании. Экологические факторы прямо- и косвенно-действующие.

Классификация экологических факторов. Понятие о эврибионтах и стенобионтах. Понятие об экологических оптимумах, сдвиги оптимумов; воздействие конкуренции на изменение оптимумов.

Совокупное действие экологических факторов. «Закон минимума» Либиха, поправки к нему. Принципы лимитирующих факторов. «Закон толерантности», пределы толерантности вида.

Модуль 2 (22 часов) Влияние абиотических факторов на растения.

Вода как экологический фактор. Роль воды в жизни растений. Водный режим растений и его основные составляющие. Водный баланс. Понятие о водном потенциале. Роль корневого давления как нижнего концевой двигателя водотока.

Экологическое значение транспирации. Значение транспирации для передвижения воды по растению и для терморегуляции. Связь транспирации с фотосинтезом.

Особенности условий водоснабжения растений Смоленской области. Экологические группы водных растений. Особенности водной среды обитания. Основные проблемы, которые «решают» водные растения.

Гидатофиты и аэрогидатофиты: специфика морфологического и анатомического строения, особенности жизнедеятельности.

Гидрофиты – прибрежные растения. Особенности морфологического и анатомического строения. Особенности жизнедеятельности гидрофитов.

Экологические группы наземных растений по отношению к воде. Экологические, морфологические и анатомические особенности гигрофитов, мезофитов, ксерофитов (суккулентов, эуксерофитов, гемиксерофитов, склерофитов).

Особенности психрофитов и криофитов.

Засуха, её влияние на растение. Засухоустойчивость, её экологическое значение.

Свет как экологический фактор. Общее понятие о световом режиме. Спектральный состав света и понятие о физиологически активной радиации (ФАР). Распределение энергии по частям спектра («Физиологические зоны») и поглощение её зелёным листом.

Роль света в процессе фотосинтеза. Зависимость фотосинтеза от освещённости.

Влияние света на ростовые процессы. Экологические группы растений по отношению к свету. Световое довольствие растений.

Экологические группы растений по отношению к свету: световые (гелиофиты), теневыносливые, теневые (сциофиты); относительность этих понятий. Морфолого-анатомические различия гелиофитов и сциофитов. Приспособления растений для улавливания и поглощения световой энергии. Приспособления, ограничивающие повреждения растений ярким светом.

Тепловой режим и его экологическое значение. Понятие и термины: радиация, инсоляция, теплообмен, конвекция. Единицы измерения тепла. Поступление тепла к земной поверхности (поглощение, рассеивание, противоизлучение, отражение).

Пространственное распределение температур на Земле. Изотермия. Влияние температур на распространение растений. Вегетационный период, его обусловленность температурами. Суммы тепла. Фенологические явления.

Влияние температуры на жизненные функции растения. Рост и температура. Зависимость фотосинтеза и дыхания от температуры. Связь транспирации с температурой.

Влияние на растения высоких температур. Тепловые повреждения. Приспособления растений против перегрева. Жароустойчивость.

Влияние на растения низких положительных температур. Холодостойкость.

Влияние на растения отрицательных температур, их повреждающее действие. Морозостойкость. Процесс закаливания, его этапы. Зимостойкость. Механические повреждения морозом. Зимнее повреждение озимых; перезимовка растений. Защитные функции растений: листопад, снижение транспирации; летне- и зимне-зелёные растения.

Эдафические факторы, растение и почва. Основные свойства почвы. Почвенное плодородие. Экологическое значение гранулометрического состава почвы, его влияние на воздушный, тепловой и водный режим почвы.

Экологическое значение физико-химических свойств почвы. Понятие о реакции почвенного раствора, о питательных элементах и соединениях. Реакция почвенного раствора как экологический фактор местообитания. Источники кислотности и щёлочности почв. Значение рН как показателя плодородия почв. Границы рН для отдельных видов, их относительность.

Экологические группы растений по отношению к рН почвенного раствора. Ацидофильные, нейтрофильные, базифильные растения.

Экологические группы растений по отношению к минеральному составу почвы. Олиготрофы, мезотрофы, мегатрофы.

Экология растений засоленных почв. Типы засоления, солончак, солонец, солоди. Повреждающее действие солей на растения. Анатомо-морфологические особенности галофитов и галофитов.

Воздух как экологический фактор. Атмосфера как оболочка Земли и ее значение для жизни. Газовый состав воздуха, его экологическое значение.

Экологическое значение кислорода, его происхождение в атмосфере. Экологическое значение углекислого газа.

Ветер как экологический фактор. Прямое и косвенное воздействие ветра. Анемофилия, анемохория. Ветровая эрозия, меры борьбы. Ветровое иссушение, влияние на морфологию и на рост растений. Ветровал и бурелом; механические повреждения (абразия). Перераспределение снежного покрова.

Токсическое действие загрязняющих веществ. Влияние поллютантов на растительный организм. Анатомо-морфологическая и физиологическая реакция растений на промышленные газы. Биологическая, морфолого-анатомическая и физиологическая газоустойчивость.

Модуль 3 (4 часа) Роль биотических факторов.

Биотические экологические факторы. Зоогенные факторы. Значение разных групп животных для растений. Влияние животных на надземные части растений. Энтомофилия. Зоохория. Влияние на растения пастбы скота. Влияние вредителей леса. Фитогенные факторы. Основные способы взаимовлияния растений. Аллелопатия. Паразитизм и полупаразитизм. Симбиоз. Эпифитизм. Растения – лианы.

Влияние микроорганизмов и грибов на растения.

Антропогенные факторы. Преднамеренное и непреднамеренное воздействие человека на растительность. Последствия влияния человека: обогащение флоры, синантропные растения, сокращение ареалов, уничтожение видов.

Модуль 4 (4 часа) Жизненные формы растений.

Жизненные формы растений (экобиоморфы). Определения. Соотношение понятий: вид и жизненная форма; экологическая группа и жизненная форма. История учения о жизненных формах. Основные направления в классификации жизненных форм: а) эколого-физиологическое; б) морфолого-биологическое.

Эволюция жизненных форм, основные направления. Учение об экотипах. Экология и эволюция.

Лабораторные занятия

Основное материально – техническое оснащение

Бинокулярные микроскопы МБС-10 (8 шт.); монокулярные микроскопы учебные (8 шт.); раздаточный материал (гербарии, влажные препараты и др.); методические разработки (распечатанные к каждому занятию задания к лабораторной работе, с указанием оборудования, плана проведения работы, вопросов к выводам и пр.); практикумы («Практикум по физиологии растений» (под редакцией В.Б. Иванова) М., 2001. – 1 шт. на 2 человека, Д.П. Викторов «Практикум по физиологии растений» Изд-во Воронежского университета, 1991. – 1 шт. на 2 человека, С.В. Рыбкина «Практикум по экологии растений» Изд-во СмолГУ 2009).

Модуль 2 Влияние абиотических факторов на растения (30 часов).

Обсуждение тем, рассмотренных в лекциях. Проверка знаний. Постановка лабораторных опытов по выявлению влияния различных абиотических факторов на растительный организм.

1. Явление плазмолиза и деплазмолиза в растительной клетке (методичка).
2. Определение осмотического давления клеточного сока у растений разных экологических групп по отношению к воде (методичка).
3. Влияние освещённости на содержание хлорофилла в листьях (методичка).
4. Фототропизм (методичка).
5. Определение степени экологического загрязнения различных субстратов с помощью биотеста на проростках (методичка).
6. Обнаружение нитратов в растениях (методичка).
7. Определение устойчивости тканей листьев растений к высоким температурам (методичка).
8. Влияние засоления на степень «выцветания» хлорофилла (методичка).
9. Влияние высокой температуры на проницаемость цитоплазмы (методичка).
10. Влияние сахарозы на морозоустойчивость растительных клеток (методичка).
11. Влияние ионов калия и кальция на проницаемость цитоплазмы (методичка).
12. Влияние концентрации раствора на прорастание семян (методичка).
13. Хемотропизм корней (методичка).
14. Геотропизм корней и стеблей (методичка).
15. Защитное действие сахарозы на белки при отрицательных температурах (методичка).

Литература:

1. Практикум по физиологии растений (под редакцией В.Б. Иванова) М., 2001.
2. С.В. Рыбкина «Практикум по экологии растений» Изд-во СмолГУ 2009.

Модуль 4 Жизненные формы растений (4 часа).

Обсуждение тем, рассмотренных в лекциях. Проверка знаний.

Лабораторная работа по выявлению жизненных форм растений (на примере растений Смоленской области).

1. Определение жизненных форм растений различных растительных сообществ (гербарий, методичка).

Литература:

1. Практикум по физиологии растений (под редакцией В.Б. Иванова) М., 2001.
2. С.В. Рыбкина «Практикум по экологии растений» Изд-во СмолГУ 2009.

Лабораторная работа № 1 Явление плазмолиза и деплазмолиза

Растительную клетку можно рассматривать как осмотическую систему, в которой роль раствора осмотически активных веществ играет клеточный сок, а роль полупроницаемой мембраны – цитоплазматические мембраны. Клеточный сок, как и любой раствор, обладает потенциальным осмотическим давлением, которое прямо пропорционально числу частиц в единице объёма независимо от размеров и характера этих частиц (молекулы, ионы). Раствор, отделённый от чистой воды полупроницаемой мембраной (пропускающей воду и непроницаемой для растворенных веществ), поглощает воду с силой, численно равной его осмотическому давлению, т.е. давлению, которое нужно приложить, чтобы воспрепятствовать передвижению воды в сторону раствора.

Для каждой клетки можно подобрать следующие растворы:

- 1) *гипотонический* – осмотическое давление меньше осмотического давления клеточного сока,
- 2) *изотонический* – осмотическое давление равно осмотическому давлению клеточного сока,
- 3) *гипертонический* – осмотическое давление больше, чем давление клеточного сока.

При погружении клетки в гипертонический раствор вода из нее выходит наружу до выравнивания осмотического давления клеточного сока и внешнего раствора. При этом клетка сначала сокращается, а после полной потери тургора протопласт отстает от клеточной стенки по углам (уголковый плазмолиз), затем во многих местах (вогнутый плазмолиз) и, наконец, округляется (выпуклый плазмолиз). Образующееся пространство между протопластом и клеточной стенкой (хорошо проницаемой как для воды, так и для растворенных веществ) заполняется внешним раствором. В качестве плазмолитиков (веществ, растворы которых вызывают плазмолиз) используют неядовитые вещества, плохо проникающие или не проникающие через цитоплазму в вакуоль.

Плазмолиз – обратимый процесс. Возвращение клетки в тургорное (упругое) состояние плазмолиза называется деплазмолизом.

Цель: доказать на основании явлений плазмолиза и деплазмолиза, что растительная клетка – это осмотическая система.

Материалы и оборудование: микроскоп, предметные и покровные стекла, лезвие безопасной бритвы, препаровальная игла, пинцет, 1 М раствор NaCl, вода.

Объекты изучения: луковица синего репчатого лука.

Ход работы. Срезать бритвой кусочек эпидермиса сочной чешуи лука, клетки которого содержат антоциан.

Поместить срез в каплю воды на предметное стекло, накрыть покровным стеклом и рассмотреть в микроскоп клетки с окрашенным клеточным соком. Заменить воду 1 М раствором NaCl, для чего на предметное стекло рядом с покровным нанести большую каплю раствора и отсосать воду кусочком фильтровальной бумаги, прикладывая его с другой стороны покровного стекла. Повторить этот приём 2-3 раза до полной замены воды раствором. Все время следить в микроскоп за тем, что происходит в клетках.

Сделать схематические рисунки клеток в состоянии тургора, уголкового, вогнутого и выпуклого плазмолиза, обозначив основные составные части клеток.

Ввести под покровное стекло 2-3 капли воды, отсасывая раствор фильтровальной бумагой, и немедленно приступить к наблюдению деплазмолиза клеток (обратите внимание на скорость этого процесса по сравнению с плазмолизом).

Оформить результаты в виде рисунков и ответить на следующие вопросы:

1. Что такое плазмолиз и каковы его причины?
2. Как происходит деплазмолиз?

Лабораторная работа № 2

Определение осмотического давления клеточного сока у растений разных экологических групп по отношению к воде

Концентрацию клеточного сока, представляющего собой раствор большого количества разнообразных органических минеральных веществ, чаще всего определяют по его потенциальному осмотическому давлению. Плазмолитический метод определения осмотического давления клеточного сока и заключается в том, что срезы исследуемой ткани погружают в ряд растворов известной концентрации, а затем рассматривают в микроскоп. Исходя из того, что плазмолиз способны вызывать только гипертонические растворы, находят такой, в котором наблюдается начальный (уголковый) плазмолиз не менее чем у 50% клеток исследуемой ткани. Изотонический раствор будет находиться между этим раствором и следующим (более слабым), который не вызывает плазмолиза. Отсюда следует, что концентрация изотонического раствора равна (с известной долей погрешности) среднему арифметическому между концентрациями указанных соседних растворов.

Цель: определить плазмолитическим методом осмотическое давление клеточного сока у растений разных экологических групп по отношению к воде.

Материалы и оборудование: микроскоп, предметные и покровные стекла, стеклянная палочка, пинцет, чашка Петри, лезвие безопасной бритвы, препаровальная игла, фильтровальная бумага, бюксы для растворов, бюретки, 1М раствор NaCl или сахарозы, дистиллированная вода, нейтральный красный.

Объекты изучения: листья комнатных растений (традесканции зебрины, традесканции белоцветковой, герани зональной, цисуса).

Ход работы. Приготовить по 5 мл растворов хлорида натрия концентрацией от 0,1 до 0,7 моль/л. Для этого исходный 1 М раствор разбавить дистиллированной водой по схеме (табл. 1).

Таблица 1

Схема приготовления опытных растворов

Концентрация опытного раствора, моль/л	На 5 мл раствора	
	1 М раствора, мл	воды, мл
0,1	0,5	4,5
0,2	1,0	4,0
0,3	1,5	3,5
0,4	2,0	3,0
0,5	2,5	2,5
0,6	3,0	2,0
0,7	3,5	1,5

Чтобы отмерить определённый объем воды и раствора, пользуются мерными пипетками. Приготовленные растворы в бюксах ставят в ряд по убывающей концентрации. В каждый раствор, начиная с наиболее концентрированного, погружают по 2-3 среза эпидермиса молодых листьев исследуемого растения.

Через 5-10 мин рассмотреть пробы ткани под микроскопом в капле того раствора, в котором они находились. Для этого сделать препараты и покрыть срезы тканей

покровными стёклами. Просмотреть их под микроскопом поочерёдно, в порядке убывания концентрации растворов, отмечая наличие или отсутствие плазмолиза. С каждого препарата зарисовать по 2-3 клетки с типичной степенью плазмолиза.

Сильный плазмолиз показывает, что осмотическое давление внешнего раствора значительно больше, чем осмотическое давление клетки. Отсутствие плазмолиза может означать, что осмотическое давление раствора меньше осмотического давления клетки или равно ему.

Выбрать такие два соседних по концентрации раствора, в одном из которых наблюдается угловый плазмолиз, а в другом плазмолиза нет. Раствор со средней концентрацией между концентрациями этих двух растворов будет изотоничен раствору в клетке. Зная концентрацию раствора, температуру, рассчитать величину его осмотического давления по уравнению Вант-Гоффа:

$$P = R \cdot T \cdot C \cdot i, \text{ где}$$

P – осмотическое давление, МПа; 1 МПа (мегапаскаль) = $1 \cdot 10^6$ Па = 9,87 атм.;

R – универсальная газовая постоянная – 0,00831 кДж/град моль;

T – абсолютная температура: $273 + t^{\circ}\text{C}$;

C – концентрация раствора, моль/л;

i – изотонический коэффициент, показывающий отношение числа частиц (молекул и ионов) в растворе к исходному количеству молекул растворенного вещества.

Для неэлектролитов, например, сахарозы, $i = 1$. Для растворов электролитов i зависит от числа ионов, на которые распадается молекула, и степени диссоциации. Значения i для растворов NaCl приведены в табл. 2.

Таблица 2

Изотонические коэффициенты для растворов NaCl

Концентрация NaCl, моль/л	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0
Изотонический коэффициент	1,6 2	1,6 4	1,6 6	1,6 8	1,70	1,7 3	1,7 5	1,7 8	1,8 3	1,9 9

Рассчитать полученные результаты по формуле. Сопоставив полученные данные с литературными [7,12], сделать выводы: к какой экологической группе относится изучаемое комнатное растение. Отметить экологическое значение осмотического давления в жизни растений.

Лабораторная работа № 3

Влияние освещённости на содержание хлорофилла в листьях

Содержание хлорофилла в листьях зависит от условий освещения, минерального питания, возраста листьев и ряда других внешних и внутренних факторов. При сравнительных исследованиях можно определить содержание хлорофилла в спиртовой или ацетоновой вытяжке без предварительного разделения пигментов.

Известно, что хлорофиллы имеют максимум поглощения в красной и сине-фиолетовой части спектра, тогда как сопутствующие им пигменты не поглощают длинноволновые лучи. Поэтому при работе на ФЭКе с использованием красного светофильтра можно достаточно точно определить содержание хлорофиллов, не отделяя их от каротиноидов.

Цель: изучить влияние освещённости на содержание хлорофилла в листьях.

Материалы и оборудование: технические весы, фотоэлектрический колориметр (ФЭК), ступка с пестиком, ножницы, воронка, фильтр, пробирки, мерная пробирка, этиловый спирт, толчёное стекло, мел (CaCO_3).

Объекты изучения: свежие листья различных светолюбивых (гибискус китайский, сектреазия полосатая) и теневыносливых (сингониум ножколистый, плющ обыкновенный, аспидистра Вариегата) растений или растения одного вида, растущие в разных условиях освещённости.

Ход работы. Измельчить листья ножницами, отбросив черешки и крупные жилки, и

отвесить на технических весах 300-400 мг. Поместить навеску в ступку, добавить толчёного стекла и немного CaCO_3 , тщательно растереть в ступке с небольшим количеством спирта (10 мл), добавляя его несколькими порциями. Осадок пропустить через складчатый бумажный фильтр.

Определить концентрацию хлорофилла в полученном экстракте на ФЭКе. Для этого за 20 мин до определения включить ФЭК, установить гальванометр на нулевое деление, поставить красный светофильтр, открыть шторы (предварительное освещение фотоэлементов необходимо потому, что в первые минуты после включения ФЭК даёт неустойчивые показания). Определить оптическую плотность раствора относительно чистого растворителя (спирта), используя кюветы с расстоянием между гранями 10 мм.

Затем определить оптическую плотность стандартного раствора Гётри, концентрация хлорофилла в котором равна 85 мг/л (0,85 мг/10 мл).

Используя полученные данные, вычислить процентное содержание хлорофилла в листьях. Результаты анализов всех объектов, исследованных группой, записать в таблицу:

Объект	Навеска, мг	Объем вытяжки, мл	Оптическая плотность	Содержание хлорофилла в листьях, %

В выводах сопоставить содержание хлорофилла в растениях различных экологических групп по отношению к свету.

Лабораторная работа № 4

Движение растений в ответ на изменение экологических факторов

На изменение внешних воздействий растения реагируют не только изменением метаболизма, но и изменением положения своих органов в пространстве. Выделяют два вида движения органов растений путём изменения их роста – тропизмы и настии.

Тропизмами называют ориентированные ростовые движения отдельных органов растений в ответ на одностороннее действие внешнего раздражения. По отношению к тому или иному определённом фактору ориентация отдельных органов растений может быть положительной или отрицательной. Те органы, которые поворачиваются к источнику раздражения, проявляют положительный тропизм; при противоположной реакции – отрицательный. Раздражителем может быть свет (фототропизмы), земное притяжение (геотропизмы), вода (гидротропизмы) и другие факторы внешней среды. В отличие от тропизмов, которые вызываются односторонним действием какого-либо фактора, *настии* возникают под влиянием диффузно действующих раздражителей (изменение освещённости, температуры и др.). Настии характерны для органов с двусторонне-симметричным (дорзивентральным) строением и проявляются в опускании органа вниз (эпинастия) или сгибания вверх (гипонастия).

Цель: изучить явления фототропизма, геотропизма и хемотропизма.

Материалы и оборудование: фототропическая камера, электроплитка, весы, фольга, металлические или пластиковые стаканчики с влажными опилками, стеклянный стакан, квадратная стеклянная пластинка, фильтровальная бумага, ножницы, пинцет, настольная лампа, чашка Петри, маленькие пробирки диаметром 1 см (3шт.), 1% раствор $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и NaCl , дистиллированная вода, желатин.

Объекты изучения: проростки овса высотой 3-4 см, наклюнувшиеся семена льна или горчицы, проросшие семена гороха с прямыми корешками.

Задание 1. Изучить реакцию листьев на одностороннее световое раздражение.

Ход работы. Осмотреть проростки овса, выращенные в темноте, и удалить изогнутые растения. Быстро нанести на одну сторону нескольких колеоптилей метки тушью на равных расстояниях друг от друга. На верхушки других проростков надеть светонепроницаемые колпачки (для приготовления колпачка обернуть кусочек фольги

шириной около 1 см вокруг спички и скрутить сверху).

Поместить проростки в фототропическую камеру так, чтобы нанесённые на колеоптили метки оказались на затенённой стороне, т.е. были обращены к стенке, противоположной той, в которой имеется отверстие. Поставить камеру на подоконник или перед настольной лампой отверстием в сторону источника света.

Через сутки рассмотреть проростки, обратив внимание на расположение меток. Зарисовать проростки в начале опыта и в конце, сделать выводы о реакции листьев на одностороннее световое раздражение.

Задание 2. Изучить положительный геотропизм корня.

Ход работы. Для получения геотропических изгибов корни или стебли, росшие до этого строго вертикально, нужно поместить в горизонтальное или наклонное положение и создать благоприятные для роста условия.

Обернуть квадратную стеклянную пластинку фильтровальной бумагой, смочить бумагу водой и разложить в верхней части пластинки едва наклюнувшиеся семена льна или горчицы на расстоянии около 1 см одно от другого корешками вниз (семена благодаря ослизнению прилипают к бумаге).

Поместить пластинку с семенами в слегка наклонном положении в сосуд, на дно которого налито немного воды. Закрыть сосуд стеклом и поставить в тёмное место.

Через несколько дней, когда корешки вырастут до 2-3 см, вынуть пластинку, повернуть её на 90° и снова вставить в сосуд так, чтобы все корни оказались в горизонтальном положении. Для выявления роли зоны деления в явлении геотропизма у части проростков срезать острой бритвой кончик корня (1-2 мм). Закрыть сосуд и вновь поместить его в темноту.

Оформить результаты в виде рисунков. В выводах отметить место восприятия действия земного притяжения, зону геотропических изгибов и механизм геотропизма корней и стеблей.

Задание 3. Продемонстрировать положительные и отрицательные хемотропические изгибы корней. Положительный хемотропизм (рост по направлению к тому или иному веществу) наблюдается, если это вещество необходимо для растения и присутствует в оптимальной для роста концентрации, отрицательный – при неблагоприятном действии вещества на клетки.

Ход работы. Приготовить 8%-ый раствор желатина: навеску желатина залить горячей дистиллированной водой и осторожно кипятить, помешивая на слабо нагретой плитке. Разлить горячий раствор в чашку Петри и, пока он не застыл, погрузить в чашку Петри 3 маленькие пробирки. Дождаться полного застывания студня (желатин застывает при комнатной температуре за 12 часов; для ускорения застывания можно поставить чашку в холодильник). Налить в пробирки горячую воду и осторожно вынуть их вращательными движениями из студня. В желатиновые лунки налить: в первую – 1% раствор $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, во вторую – 1% раствор NaCl , в третью – водопроводную воду. На поверхности желатина вокруг каждой лунки разложить проросшие семена гороха, закрыть чашку Петри, выложив внутри влажной фильтровальной бумагой. Чашку Петри поместить в тёмное место. Через 2 дня обратить внимание на направление изгибов корешков и установить, какой раствор вызывает положительный, какой – отрицательный хемотропизм.

Оформить результаты в виде рисунков.

Лабораторная работа № 5

Определение степени экологического загрязнения различных субстратов с помощью биотеста на проростках

Биотестирование с помощью растений разнообразных субстратов (воды, почвы и т.д.) является стандартным приёмом и может быть использовано при оценке степени их загрязнения. Преимуществом биотестирования (как первичного этапа, например, перед химическим анализом) является простота операций, минимальное оборудование и достаточно быстрое получение ответа. Поскольку корневые системы очень отзывчивы

на воздействия среды, то учёт проводится в основном на них.

Цель: познакомиться с методом оценки воды и почвы на загрязнение, провести анализ образцов

Материалы и оборудование: чашки Петри, фильтровальная бумага, мерные пипетки на 10 мл, маркер по стеклу, термостат с температурой +26⁰С, весы, разновесы, линейки, дистиллированная вода, 1% раствор перманганата калия или слабый раствор формалина, образцы водных сред из городского водопровода, ближайших водоёмов (пруда, озера, реки), вода из отстойников очистительной станции, взятая в день заложения опыта, а также твёрдые субстраты (почва, сточные осадки из экологически благополучных и неблагоприятных районов города).

Объекты изучения: семена огурца, кресс-салата, горчицы.

Ход работы.

а) Заложение биотеста.

Визуально провести калибровку сортовых семян. На 5-10 мин поместить их в 1% раствор перманганата калия, отмыть водой и разложить в чашки Петри по 12 шт. В каждую чашку ввести по 10 мл испытуемой жидкости, а в контрольный вариант – дистиллированную воду. При оценке загрязнения твёрдого субстрата навеску субстрата (10-15 г) поместить на дно чашки Петри, равномерно распределить по дну, закрыть субстрат бумажным фильтром и залить 20-30 мл дистиллированной воды на сутки. Через 24 часа заложить семена по 10 штук в каждую чашку. Чашки Петри поместить в термостат при температуре +26⁰С на четверо суток. Затем провести измерение корней с помощью линейки, занести данные в таблицу. Сделать вывод о чувствительности объектов и о возможности применения биотеста к данным исследованиям, охарактеризовать среды с экологической точки зрения и данных биотестирования.

б) Измерения.

Учитывают длину главного корня и длину участка корня, где располагаются боковые корни у 10 однородных проростков. Измерения проводят с помощью линейки или полоски миллиметровой бумаги. Данные вносят в таблицы 3 и 5.

Таблица 3

Учёт длины главного корня у проростков огурца

Вариант опыта	Длина главного корня, см												
	Повторности												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ	\bar{X}	
Дистиллированная вода													
Вода из водопровода													
Вода из реки													

Примечание. Σ – сумма, \bar{X} – средняя величина.

В любом исследовании после многократных измерений интересующего нас параметра получают *n* различных результатов – X_1, X_2, \dots, X_n . В качестве оценки действительного значения величины этого параметра X_d пользуются средним арифметическим (\bar{X}) этих результатов:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

С увеличением числа повторных измерений достоверность \bar{X} возрастает.

Оценка действительного значения параметра при ограниченном числе измерений производится в форме двух значений – минимального и максимального. Эти крайние значения, в пределах которых может находиться искомая величина изучаемого

параметра, называются доверительными границами.

Действительное значение параметра X_d может отличаться от найденного по ограниченному числу измерений среднего арифметического значения \bar{X} не более чем на величину возможной погрешности Δ , определяемой по данным проведённых измерений. Это правило выражается следующими формулами:

$$X_d = \bar{X} \pm \Delta;$$

$$X_d = \text{не более } (\bar{X} + \Delta);$$

$$X_d = \text{не менее } (\bar{X} - \Delta), \text{ где}$$

X_d – действительное значение измеряемой величины;

\bar{X} – среднеарифметическое значение измеряемой величины;

$\bar{X} + \Delta$ – максимальная доверительная граница, или возможный максимум;

$\bar{X} - \Delta$ – минимальная доверительная граница, или возможный минимум;

$\Delta = t_c \sigma_{\bar{X}}$ – возможная максимальная абсолютная погрешность при прогнозе действительного значения измеряемой величины;

t_c – критерий надёжности (коэффициент Стьюдента), определяемый по таблице 4;

σ – среднее квадратичное отклонение от среднего;

$\sigma_{\bar{X}}$ – ошибка средней арифметической при числе измерений менее 20.

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Точность выполняемых измерений обычно характеризуется величиной $\sigma_{\bar{X}}$ или в относительных единицах её отношением к средней арифметической:

$$\frac{100 \sigma_{\bar{X}}}{\bar{X}} \%$$

Разброс показателей (однородность) измерения характеризуется величиной дисперсии и показателем вариации (изменчивости) K_v .

$$\sigma^2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}}, \quad K_v = \frac{\sigma^2}{\bar{X}}$$

Таблица 4

Критерии надёжности t_c (коэффициента Стьюдента) для различных доверительных вероятностей α и различного числа измерений n

Измерения, n	Значение критерия надёжности t_c при доверительной вероятности α			
	$\alpha = 0,90$	$\alpha = 0,95$	$\alpha = 0,99$	$\alpha = 0,999$
2	6,31	12,71	63,70	637, 21
3	2,92	4,30	9,92	31,60
4	2,35	3,18	5,84	12,94
5	2,13	2,77	4,60	8,61
6	2,02	2,57	4,03	6,86
7	1,94	2,45	3,71	5,96
8	1,90	2,36	2,50	5,40

9	1,86	2,31	3,36	5,04
10	1,83	2,26	3,25	4,78
12	1,80	2,20	3,11	4,49
14	1,77	2,16	3,01	4,22
16	1,75	2,13	2,95	4,07
18	1,74	2,11	2,90	3,96
20	1,73	2,09	2,86	3,88

Таблица 5

Влияние водных сред на рост главного корня проростков огурца

Вариант опыта	Средняя длина главного корня		Средняя длина зоны боковых корней	
	см	%	см	%
Контроль (дистиллированная вода)		100		100
Вода из водопровода				
Вода из реки				

Провести измерения корней и заполнить таблицы 3 и 5; сделать вывод о чувствительности объектов и о возможности его применения к данным исследованиям, охарактеризовать среды с экологической точки зрения и данных биотестирования.

Лабораторная работа № 6 Обнаружение нитратов в растениях

Интенсификация земледелия в XX веке породила нитратную проблему. Азотные удобрения, вносимые без соблюдения дозы и правил, привели к увеличению содержания нитратов в растительных продуктах до размеров, угрожающих здоровью человека.

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

По данным Министерства здравоохранения и социального развития РФ, предельно допустимая доза нитратов для взрослого человека в сутки составляет 500 мг, токсичная – 600 мг, для грудного ребёнка доза в 10 мг может быть смертельной.

Соли азотной и азотистой кислот, поглощаемые корнями из почвы, восстанавливаются в растениях до аммиака, который используется для синтеза аминокислот и других соединений. Для восстановления нитратов требуется АТФ, образующаяся в процессе дыхания или световой фазы фотосинтеза.

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

Определение содержания нитратов в соке, отжатом из стеблей, черешков и пластинок листа, позволяет судить о восстановлении нитратов в корнях: чем меньше в них

обнаруживается нитрат-ионов, тем активнее происходит этот процесс в клетках корня. Сопоставление содержания нитратов в различных органах растения, например, в черешках, листовых пластинках, корнях, даёт представление о нитратредуктазной активности этих органов.

Для обнаружения нитратов можно использовать реактив с дифениламино, который в присутствии иона NO_3^- даёт синюю окраску. По интенсивности посинения можно судить о количестве нитратов в исследуемом объекте.

Цель: изучить простой и доступный способ определения нитратов в растительном сырье и объективно оценить их количество.

Материалы и оборудование: 1% раствор дифениламина в концентрированной H_2SO_4 в капельнице (хранить в темноте на подставке), пинцет, стеклянные палочки, плоские белые фарфоровые тарелки, кусок стекла, фломастер, цветные карандаши, фильтровальная бумага, ножницы, нож, скальпель, бритва.

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

Ход работы. Взятые для исследования плоды, клубни, корнеплоды, листья разложить на столе, отделить ткани или части органов для анализа. Отжать сок на поверхность белой фарфоровой тарелки с помощью пинцета или стеклянной палочки. Одновременно бритвой сделать срезы изучаемой ткани, органа. На срез и выжатую порцию сока нанести каплю 1% раствора дифениламина и следить за появлением синей окраски. Интенсивность этой окраски сравнить с таблицей 6 (шкала для определения нитратов по Церлингу). Результаты оценить в баллах.

Таблица 6

Шкала потребности растений в азоте

Балл	Характер окрашивания объекта	Потребность растений в азоте по фазам развития		
		до 4 листьев	выход в трубку	цветение
6	Срез и раствор быстро и интенсивно окрашиваются в сине-чёрный цвет. Окраска устойчивая	Избыток нитратов. Не нуждается	Достаточно. Не нуждается	Большой избыток нитратов. Не нуждается
5	Срез и раствор сразу не окрашиваются в темно-синий цвет. Окраска сохраняется некоторое время	Достаточно. Не нуждается	Достаточно. Не нуждается	Избыток. Не нуждается
4	Срез и раствор окрашиваются в синий цвет. Окраска наступает не сразу	Средняя нуждаемость	Средняя нуждаемость	Много. Не нуждается
3	Окраска светло-синяя, исчезает через 2-3 минуты	Нуждается	Нуждается	Достаточно. Не нуждается
2	Окрашиваются главным образом проводящие пучки в голубой цвет. Окраска быстро исчезает	Сильно нуждается	Сильно нуждается	Слабая нуждаемость
1	Следы светло-голубой, быстро исчезающей окраски	Очень сильно нуждается	Очень сильно нуждается	Средняя нуждаемость
0	Нет синей окраски. Порозовение и затем почернение ткани,	Острый недостаток. Нуждается	Острый недостаток. Нуждается	Средняя нуждаемость

	вследствие её обугливания от H ₂ SO ₄			
--	---	--	--	--

Сделать вывод о возможности употребления частей изучаемых растений в пищу и о необходимости внесения азотных удобрений в фазе вегетации.

Лабораторная работа № 7
Определение устойчивости тканей листьев растений к высоким температурам

Устойчивость растений – это их способность адаптироваться к неблагоприятным воздействиям внешней среды, сохраняя стабильность всех физиологических процессов. Чем меньше отклонение какого-либо процесса или реакции от нормы в результате воздействия стрессового фактора и чем быстрее они возвращаются к норме, тем выше устойчивость растений. Механизмы достижения устойчивости у них различны и могут происходить как на генетическом, так и на физиолого-биохимическом и морфологическом уровнях.

При неблагоприятном воздействии на ткани, например, при повышении температуры, проницаемость мембран меняется. Вследствие этого ионы водорода, присутствующие в клетке, замещают Mg²⁺ в молекуле хлорофилла, который превращается в феофитин, имеющий бурый цвет. Чем больше хлорофиллоносных клеток повреждено, тем большая площадь листа буреет.

Цель: сравнить устойчивость органов разных растений к высоким температурам.

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

Объекты изучения: растения разных экологических групп (огурцы, полынь, одуванчик, кислица, лебеда и др.), листья разных ярусов, комнатные растения.

Ход работы. Нагреть водяную баню до +40⁰С, погрузить в неё по 5 листьев исследуемых растений и выдержать листья в воде в течение 30 мин, поддерживая температуру на уровне +40⁰С. Затем взять первую пробу: вытянуть по одному листу каждого вида растений и поместить их в чашку Петри с водой комнатной температуры. Нагреть водяную баню до +50⁰С, через 10 мин после этого извлечь из бани ещё по одному листу и перенести их в чашку с водой комнатной температуры. Постепенно довести температуру до +80⁰С, беря пробы через каждые 10 мин при повышении температуры на 10⁰С.

Залить воду в чашках 0,2М HCl и через 20 минут учесть степень повреждения листа по количеству появившихся бурых пятен.

Листья зарисовать и раскрасить повреждённые участки. Сравнить степень повреждения листьев при разной температуре у разных растений. Сделать выводы об устойчивости листьев разных растений к высоким температурам.

Лабораторная работа № 8
Влияние засоления на степень «выцветания» хлорофилла

В той или иной мере засолено около 25% всех почв нашей планеты. Избыток солей в почвенном растворе токсичен для большинства растений. Наиболее вредны легкорастворимые соли, без труда проникающие в цитоплазму: NaCl, MgCl₂, CaCl₂. Менее токсичны труднорастворимые соли: CaSO₄, MgSO₄, CaCO₃.

Избыточная концентрация солей оказывает как осмотическое действие, нарушающее нормальное водоснабжение растений, так и токсическое, вызывая отравления. В частности, отравление возникает в результате резкого нарушения азотного обмена и накопления продуктов распада белков. Сильное засоление замедляет синтез белков, подавляет процессы роста.

Под влиянием солей происходят нарушения ультраструктуры клеток, в частности изменения в структуре хлоропластов (их деструкция), нарушается синтез хлорофилла. Особенно это проявляется при хлоридном засолении.

Цель: изучить влияние высоких концентраций солей на рост растений и разрушение хлорофилла в листьях.

Материалы и оборудование: химические стаканы, лезвия, растворы NaCl или Na₂SO₄, линейки.

Объекты изучения: побеги берёзы, клёна.

Ход работы. Взять не закончившие рост побеги берёзы, клёна и других растений. Их базальные концы подрезают под водой. Измерить длину побегов, подсчитать число листьев, измерить длину верхних растущих, листьев. Побеги поместить в 5 сосудов: один с чистой водой (контрольный вариант) и четыре с раствором NaCl (или Na₂SO₄) разной концентрации (2,5%; 5%; 10%; 15%).

Банки с побегами на 7 дней поместить в условия рассеянного освещения. На 3-и и 7-е сутки учесть изменения в окраске листьев, измерить длину побега (обращая внимание на удлинение верхних междоузлий) и длину взятых под наблюдение верхних листьев, отметить возможное появление новых листьев при продолжающемся росте побега за счёт развёртывания верхушечной почки.

Под влиянием солей, поступающих в листья, возможно разрушение хлорофилла. При сравнении с контрольным вариантом окраска листьев меняется (происходит их выцветание).

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

Сделать рисунки листьев на 3-й и 7-й дни опыта, описать состояния побегов, сформулировать выводы о влиянии засоления на интенсивность ростовых процессов и степень разрушения хлорофилла в листьях.

Лабораторная работа №9

Влияние высокой температуры на проницаемость цитоплазмы

Материалы и оборудование: 1) корнеплод красной свёклы; 2) скальпель; 3) пинцет; 4) термометр; 5) фотоэлектроколориметр; 6) электроплитка; 7) песочные часы на 1 мин; 8) штатив с пробирками (7 шт.); 9) фарфоровая чашка; 10) стаканы химические (2 шт.); 11) колба с дистиллированной водой; 12) пипетка на 10 мл; 13) карандаш по стеклу; 14) салфетка.

При нагревании растений до температуры выше оптимальной в клетках нарушается обмен веществ: происходит разобщение дыхания и фосфорилирования, прекращается синтез белков и усиливается их распад, накапливаются ядовитые вещества. При более высоких температурах резко повышается проницаемость цитоплазматических мембран, а затем наступают коагуляция белков и отмирание клеток.

Ход работы. Вырезать из очищенного корнеплода красной свёклы 7 прямоугольных кусочков размером 3x10x40 мм, поместить их в фарфоровую чашку, многократно промыть водопроводной водой до полного обесцвечивания промывных вод и оставить в чашке под слоем воды.

Нагреть в стакане воду до 75°C, захватить пинцетом один кусочек свёклы и погрузить его ровно на 1 мин в нагретую воду, а затем перенести в пробирку с 10 мл холодной дистиллированной воды, сделав на ней надпись карандашом по стеклу. Добавлением холодной воды охлаждать содержимое стакана до 70 – 65 – 60 – 55 – 50 и 45°C и при каждой температуре проделывать то же, что описано выше: выдержать очередной кусочек в стакане в течение 1 мин и перенести в пробирку с 10 мл дистиллированной воды.

Встряхивать пробирки в течение 15 мин и определить интенсивность окраски жидкости на ФЭЖе при зелёном светофильтре (против дистиллированной воды).

Результаты записать в таблицу:

Номер	Температура,	Оптическая плотность
-------	--------------	----------------------

пробирки	°С	
1	75	
2	70	
3	65	
4	60	
5	55	
6	50	
7	45	

Вычертить кривую выделения антоциана из клеток, откладывая по оси абсцисс температуру, а по оси ординат — оптическую плотность. Найти летальную температуру — наименьшую температуру, вызывающую наибольший выход пигмента из клеток.

Лабораторная работа № 10

Влияние сахарозы на морозоустойчивость растительных клеток

Материалы и оборудование: 1) корнеплод красной свёклы; 2) растворы сахарозы 0,5 и 1 М; 3) 8%-ный раствор NaCl в капельнице; 4) снег или толчёный лёд; 5) поваренная соль; 6) шпатель; 7) термометр до – 25°С; 8) скальпель; 9) пинцет; 10) пробочное сверло диаметром 5-6 мм; 11) лезвие бритвы; 12) микроскоп; 13) предметные и покровные стёкла; 14) фарфоровая чашка; 15) тарелка; 16) стакан; 17) пробирки с резиновыми колечками (3 шт.); 18) фильтровальная бумага; 19) карандаш по стеклу.

При замерзании растительных тканей в межклетниках образуются кристаллы льда, которые оттягивают воду от клеток. Если цитоплазма недостаточно морозоустойчива, то она, не выдержав обезвоживания, а также механического давления кристаллов льда, коагулирует, а мембраны утрачивают полупроницаемость. О степени повреждения клеток можно судить по их способности удерживать клеточный сок. Морозоустойчивость клеток может быть повышена защитными веществами, среди которых важная роль принадлежит сахарозе и другим олигосахаридам.

Ход работы. Вырезать из свежего (тургесцентного) корнеплода красной свёклы пластинку толщиной около 5 мм, из которой сделать 9-12 высечек с помощью пробочного сверла (диаметр сверла должен быть меньше диаметра пробирок). Поместить высечки в фарфоровую чашку и тщательно промыть водопроводной водой до полного удаления сока, вытекшего из повреждённых клеток. Перенести одинаковое количество высечек в 3 пробирки, снабжённые этикетками. В 1-ю пробирку налить на 1/4 воды, во 2-ю — столько же 0,5 М раствора сахарозы, в 3-ю – 1 М раствора сахарозы.

Приготовить охлаждающую смесь: к трём частям снега или толчёного льда добавить одну часть поваренной соли (по объёму) и тщательно перемешать шпателем или лопаткой. Проверить температуру смеси, которая должна быть около – 20° С. Погрузить все пробирки в охлаждающую смесь на 15—20 мин, после чего поставить в стакан с водой комнатной температуры.

После полного оттаивания отметить окраску жидкости в пробирках и окраску высечек. Проверить жизнеспособность клеток, для чего приготовить из высечек тонкие срезы, поместить их на предметные стёкла в капли 8%-ного (гипертонического) раствора NaCl и закрыть покровными стёклами. Через 20 мин рассмотреть в микроскоп не менее трёх полей зрения и подсчитать процент плазмолизированных клеток.

Результаты записать в таблицу:

Вариант опыта	Окраска наружного раствора	Окраска высечек	Количество плазмолизированных клеток, %
---------------	----------------------------	-----------------	---

Вода			
Сахароза 0,5 М			
Сахароза 1,0 М			

В выводах объяснить различия между вариантами опыта, отметив значение сахарозы как защитного вещества.

Лабораторная работа № 11

Влияние ионов калия и кальция на проницаемость цитоплазмы

Материалы и оборудование: 1) луковица обыкновенного лука; 2) побеги элодеи; 3) 0,02%-ный раствор нейтрального красного в капельнице (способ приготовления см. в Приложениях); 4) 1 М раствор KNO_3 в капельнице; 5) 0,7 М раствор $Ca(NO_3)_2$ в капельнице; 6) 1 М раствор сахарозы в капельнице; 7) лезвие бритвы; 8) препаровальная игла; 9) микроскоп; 10) предметные и покровные стёкла; 11) фарфоровые чашечки (2 шт.); 12) карандаш по стеклу; 13) кусочки фильтровальной бумаги.

Задача этой работы, показать, что проницаемость цитоплазмы зависит от ионов минеральных солей. Ионы, повышающие степень гидратации коллоидов, увеличивают проницаемость, тогда как ионы, проявляющие коагулирующее действие, вызывают дегидратацию белков, уменьшение пор мембран и понижение скорости проникновения веществ в клетку.

Ход работы. Налить раствор нейтрального красного в две фарфоровые чашки, добавив в одну из них 1/10 объёма 1 М раствора KNO_3 , а в другую — 1/10 объёма 0,7 М $Ca(NO_3)_2$ (18 капель раствора краски и 2 капли раствора соответствующей соли). Сделать на чашках надписи карандашом по стеклу.

Поместить в растворы по три среза эпидермиса лука или по три листочка элодеи. Через 5 мин вынуть по одному срезу (или листочку), обсушить фильтровальной бумагой, поместить на предметное стекло в каплю 1 М раствора сахарозы и накрыть покровным стеклом. То же самое сделать с объектами, пролежавшими в растворе краски в течение 10 и 15 мин. Рассмотреть плазмолизированные клетки в микроскоп и сравнить скорость проникновения нейтрального красного в вакуоли (по интенсивности окраски).

Сделать вывод о влиянии ионов на проницаемость цитоплазмы.

Лабораторная работа № 12

Влияние концентрации раствора на прорастание семян

Материалы и оборудование: 1) семена пшеницы или других растений; 2) 1,0; 0,1 и 0,01 М растворы $NaCl$; 3) бюретки с воронками (4 шт.); 4) весы технические с разновесами; 5) разборная доска; 6) пинцет; 7) чашки Петри (4 шт.); 8) чистый сухой песок; 9) бумага; 10) клей; 11) пинцет; 12) миллиметровая линейка.

Первый этап поступления воды в сухие семена обусловлен набуханием гидрофильных коллоидов, особенно белков, притягивающих воду с силой до 100 МПа. По мере увеличения количества воды в клетках эта сила быстро уменьшается и у вполне насыщенных водой семян падает почти до нуля. Дальнейшее поступление воды в семена происходит осмотически. На прорастание семян и рост проростков большое влияние оказывает концентрация растворимых солей в почве, точнее, разность между осмотическим давлением клеточного содержимого и почвенного раствора: чем больше эта разность, тем легче поступает вода в клетки.

Для понимания результатов данного опыта нужно иметь, в виду, что осмотическое

давление клеточного сока у молодых проростков обычно не превышает 1 МПа.

Ход работы. Насыпать в четыре чашки Петри по 50 г песка, снабдить чашки этикетками и смочить песок в 1-й чашке 10 мл 1 М раствора NaCl, во 2-й — 10 мл 0,1 М раствора NaCl, в 3-й — 10 мл 0,01 М раствора NaCl, в 4-й — 10 мл воды. Отобрать на разборной доске 4 порции по 20 шт. неповреждённых и по возможности одинаковых семян. Поместить семена в чашки, разложив их равномерно по поверхности песка, закрыть чашки крышками и поставить в тёмное место.

Держать чашки закрытыми 2—3 дня, затем открыть крышки и ежедневно поливать соответствующими растворами. Через неделю определить размеры проростков, для чего взять из каждой чашки 10 проростков (по ряд, не выбирая), измерить длину надземных частей и корешков (если у одного проростка несколько корешков, измерить один самый длинный) и найти среднее арифметическое из всех 10 измерений;

Вычислить осмотическое давление растворов по формуле $\pi = RTCi$

Результаты записать в таблицу:

Растение	Концентрация раствора, моль/л.	Осмотическое давление раствора, МПа	Длина, мм.	
			Надземных частей	Корешков
	1,0			
	0,1			
	0,01			
	0,0			

Сделать выводы о причинах неодинакового прорастания семян в растворах разной концентрации.

Лабораторные работы №13 (Хемотропизм) и №14 (Геотропизм корней и стеблей) – см. методические указания к работе №4.

Лабораторная работа №15

Защитное действие сахарозы на белки при отрицательных температурах

Материалы и оборудование: 1) листья капусты, клубень картофеля; 2) 1 М раствор сахарозы; 3) 0,6 М раствор NaCl; 4) соль поваренная; 5) снег или толчёный лёд; 6) термометр до -25°C ; 7) шпатель; 8) скальпель; 9) тёрка; 10) тарелка; 11) стаканы химические (2 шт.); 12) пробирки с резиновыми колечками (4 шт.); 13) пипетки градуированные на 5 мл (4 шт.); 14) марлевые салфетки.

В экстремальных условиях, например, при низких температурах, может произойти денатурация белков. Выпадение хлопьевидного осадка белков из сока, отжатого из растительной ткани, служит показателем повреждения. Сахароза образует связи с гидрофильными группами белков и способствует сохранению их нативной структуры при повреждающем воздействии низких температур.

Опыт заключается в замораживании и оттаивании отжатого из растительной ткани сока с добавлением сахарозы и без неё. Чтобы выяснить, влияет ли на устойчивость белков к низким температурам повышение осмотического давления среды, берут в качестве контроля к сахарозе не только воду, но и изоосмотический раствор нейтральной соли, например, NaCl.

Ход работы. Листья капусты или очищенный клубень картофеля натереть на тёрке, отжать сок в стакан через двойной слой марли, дать отстояться. Налить по 3 мл надосадочной жидкости в 4 пронумерованные пробирки. В первую пробирку добавить 2 мл 1 М раствора сахарозы, во вторую 2 мл 0,6 М раствора NaCl, в третью и четвертую

– по 2 мл воды и перемешать. Первую, вторую и третью пробирки поместить в охлаждающую смесь снега или толчёного льда с солью (3:1 по объёму), пробирку №4 оставить при комнатной температуре (контроль). Через 20 мин, когда сок в пробирках замёрзнет, перенести пробирки в стакан с водой.

После оттаивания определить, не встряхивая, по внешнему виду жидкости в пробирках, остались ли белки в состоянии золя или произошла их коагуляция (образование хлопьев).

Результаты записать в таблицу:

Объект	№ пробирки	Вариант опыта	Образование хлопьев

1. Сахароза —20°C
2. NaCl, —20°C
3. Вода, —20°C
4. Вода, комнатная температура

Сделать выводы, ответив на следующие вопросы:

1. Как влияет замораживание на белки?
2. Изменяется ли устойчивость белков к низким температурам при повышении осмотического давления раствора?
3. В чём проявляется защитное действие сахарозы на белки?

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студента осуществляется в процессе подготовки к лабораторным занятиям, экзаменам, тестовым заданиям, анализа современной научной литературы по изучаемым темам курса.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Компетенция	Этапы формирования	Дисциплина	Критерии	Показатели (по уровням)
ПК-15 - владением знаниями о теоретических основах биогеографии, экологии животных, растений и микроорганизмов	5 семестр	Б1.В.ОД.3 Экология растений	<u>Знаниевый</u>	<p>Отлично: знает (100%-но) световой и водный режим растений, устойчивость к температуре, химическое и механическое воздействие воздуха, влияние почвенных экологических факторов, роль биотических факторов; экологические группы растений по отношению к воде, свету, температуре, минеральному питанию; влияние антропогенного фактора; жизненные формы растений.</p> <p>Хорошо: в основном знает (80%-но) световой и водный режим растений, устойчивость к температуре, химическое и механическое воздействие воздуха, влияние почвенных экологических факторов, роль биотических факторов; экологические группы растений по отношению к воде, свету, температуре, минеральному питанию; влияние антропогенного фактора; жизненные формы растений.</p> <p>Удовлетворительно: недостаточно (ниже 60% содержания дисциплины) знает световой и водный режим растений, устойчивость к температуре, химическое и механическое воздействие воздуха, влияние почвенных экологических факторов, роль биотических факторов; экологические группы растений по отношению к воде, свету, температуре, минеральному питанию; влияние антропогенного фактора; жизненные формы растений.</p> <p>Неудовлетворительно: не знает (ниже 50%) световой и водный режим растений, устойчивость к температуре, химическое и механическое воздействие воздуха, влияние почвенных экологических факторов, роль биотических факторов; экологические группы растений по отношению к воде, свету, температуре, минеральному питанию; влияние</p>

Компетенция	Этапы формирования	Дисциплина	Критерии	Показатели (по уровням)
				антропогенного фактора; жизненные формы растений.
			<u>Деятельностный</u>	<p>Отлично: умеет выявлять особенности влияния абиотических и биотических факторов в различных растительных сообществах; использовать методы изучения параметров жизнедеятельности растений на практике; анализировать результаты наблюдения; владеет основными методами изучения природных фитоценозов и отдельных биологических объектов.</p> <p>Хорошо: в основном умеет выявлять особенности влияния абиотических и биотических факторов в различных растительных сообществах; использовать методы изучения параметров жизнедеятельности растений на практике; анализировать результаты наблюдения; в основном владеет основными методами изучения природных фитоценозов и отдельных биологических объектов.</p> <p>Удовлетворительно: недостаточно умеет выявлять особенности влияния абиотических и биотических факторов в различных растительных сообществах; использовать методы изучения параметров жизнедеятельности растений на практике; анализировать результаты наблюдения; недостаточно владеет основными методами изучения природных фитоценозов и отдельных биологических объектов.</p> <p>Неудовлетворительно: не умеет выявлять особенности влияния абиотических и биотических факторов в различных растительных сообществах; использовать методы изучения параметров жизнедеятельности растений на практике; анализировать результаты наблюдения; не владеет основными методами</p>

Компетенция	Этапы формирования	Дисциплина	Критерии	Показатели (по уровням)
				изучения природных фитоценозов и отдельных биологических объектов.

Оценочные средства (примеры)

1) Тестовые задания

Задание 1. Физиологическая экология, как одно из направлений экологии растений занимается изучением:

- а) распределения растений на земном шаре, в зависимости от экологических условий;
- б) жизненных форм растений, включая в себя учение о жизненных формах;
- в) влияния условий окружающей среды на процессы жизнедеятельности растений;
- г) совокупности живых организмов на данной территории.

Задание 2. Характерной чертой растений является:

- а) автотрофный тип питания;
- б) наличие двух типов питания;
- в) прикрепленный образ жизни;
- г) способность к регенерации;
- д) ограниченный рост.

Задание 3. Что понимают под эдафическими факторами среды:

- а) свет, тепло, влажность воздуха;
- б) условия рельефа;
- в) влияние живых организмов;
- г) механический, химический состав и физические свойства почвы.

Задание 4. Какую роль играет вода в жизни растений:

- а) поддержание тургорного состояния растительной клетки;
- б) продукт и участник многих биохимических реакций;
- в) важнейший фактор для закрепления растений;
- г) главный компонент в транспортных системах растительного организма.

Задание 5. Показатель водного режима, который представляет собой соотношение поступления и расхода воды:

- а) транспирация;
- б) водный режим;
- в) когезия;
- г) водный баланс.

Задание 6. Силы сцепления молекул воды между собой называют:

- а) симбиоз;
- б) транспирация;
- в) когезия;
- г) адгезия.

Задание 7. Психрофиты – это:

- а) растения холодных и переувлажнённых мест обитания (мирт болотный, подбел обыкновенный);
- б) растения засушливых мест обитания (верблюжья колючка, алоэ, кактусы);
- в) растения, обитающие в местах с достаточным увлажнением (земляника лесная, ежа сборная);
- г) растения наземных мест обитания, в которых отмечается избыточное увлажнение (калужница болотная, кислица обыкновенная).

Задание 8. Для суккулентов характерно:

- а) интенсивность роста и развитие мощной корневой системы.
- б) высокая скорость роста корневой системы, чтобы проникнуть в глубокие водоносные горизонты почвы;
- в) особое строение листовой пластинки, способной складываться пополам, образуя при этом внутреннюю воздушную камеру;
- г) способность запасать воду и регулировать свой водный баланс.

Задание 9. Чем характеризуются водные растения:

- а) хорошо развитыми механическими тканями;
- б) способностью поглощать влагу с минеральными веществами всей поверхностью;
- в) корни служат местом накопления питательных веществ;
- г) хорошо развита кутикула.

Задание 10. ФАР (фотосинтетически активная радиация) соответствует интервал в спектре солнечной радиации с длинами волн:

- а) 380 – 710 нм;
- б) 400 – 750 нм;
- в) 750 – 4000 нм;
- г) 200 – 4000 нм.

Задание 11. Приспособления светолюбивых растений (гелиофиты) для предотвращения фотодеструкции в условиях избыточной освещённости:

- а) изменение угла наклона листьев солнечных лучей;
- б) малая плотность и значительная толщина листовой пластинки;
- в) «листовая мозаика»;
- г) особое строение кутикулы и опушение листьев.

Задание 12. Каковы основные особенности приспособления сциофитов к жизни в условиях скудного освещения:

- а) «листовая мозаика»;
- б) масса и поверхность надземных органов преобладают над подземными при сравнительно небольших размерах растения;
- в) в клетках листа много хлорофилла с малым количеством крупных хлоропластов;
- г) изменение угла наклона листьев для уменьшения притока солнечных лучей.

Задание 13. Каковы основные особенности приспособления теневыносливых растений к жизни в условиях скудного освещения:

- а) «листовая мозаика»;
- б) масса и поверхность надземных органов преобладают над подземными при сравнительно небольших размерах растения;
- в) в клетках листа мало хлорофилла с большим количеством мелких хлоропластов;
- г) в клетках листа много хлорофилла с малым количеством крупных хлоропластов.

Задание 14. Умеренный пояс характеризуется:

- а) заморозки возможны в течение всего вегетационного периода
- б) амплитуда годовых температур не превышает 5 градусов;
- в) отсутствие устойчивого снежного покрова;
- г) наличие устойчивого снежного покрова.

Задание 15. Большинство растений начинают страдать при температуре:

- а) 25 – 30;

- б) 30 – 35;
- в) 35 – 40;
- г) 40 – 45.

Задание 16. Внешними симптомами страдания растений от положительных пониженных температур являются:

- а) появление некротических пятен;
- б) увеличение проницаемости мембран;
- в) завядание листьев;
- г) изменение свойств хлоропластов.

Задание 17. Морозоустойчивость – это:

- а) обратимое физиологическое приспособление к неблагоприятным внешним воздействиям, происходящим под влиянием благоприятных условий среды;
- б) изменчивая обобщённая и в достаточной мере условная величина, характеризующая общий уровень нагрева тканей растительного организма;
- в) величина, соответствующая нижнему температурному порогу вегетации и определяется фенологической фазой;
- г) комплексный признак, запрограммированный исторически, но проявляющийся лишь при определённых условиях окружающей среды.

Задание 18. В первую фазу закаливания растительного организма происходит:

- а) сближение и деформация белковых молекул;
- б) активное накопление сахарозы и других олигосахаров;
- в) замедление или полная остановка ростовых процессов;
- г) образование специфической устойчивости белков к обезвоживанию.

Задание 19. Зимостойкость растения приобрели благодаря наличию приспособлений:

- а) большой устойчивости корневой системы к растяжению;
- б) усиленной транспирации;
- в) активным процессам роста;
- г) низкой трате сахаров.

Задание 20. Значение почвы для нормальной жизнедеятельности растений:

- а) источник воды;
- б) субстрат для закрепления;
- в) источник органических веществ;
- г) источник патогенных микроорганизмов.

Задание 21. Ацидофильные растения – это растения:

- а) кислых почв;
- б) почв с рН=7;
- в) щелочных почв.

Задание 22. Олиготрофы:

- а) способны произрастать на бедных почвах;
- б) произрастают на почвах со средним уровнем минерального питания;
- в) произрастают на почвах с высоким уровнем минерального питания.

Задание 23. Эугалофиты – это растения:

- а) обитающие в условиях среднего уровня минерального питания;

- б) способные накапливать в клетках большое количество солей, имеют мясистые стебли и листья;
- в) обитающие на кислых почвах, но довольно часто встречающиеся на нейтральных;
- г) произрастающие на слабокислых почвах с рН 6 – 6,5.

Задание 24. Значения воздуха для жизнедеятельности растений:

- а) кислород используется в процессе дыхания;
- б) участвует в регуляции теплового режима;
- в) способствует переносу пыльцы;
- г) углекислый газ используется в процессах фотосинтеза.

Задание 25. Отрицательные воздействия ветра на жизнедеятельность растений:

- а) снижается интенсивность фотосинтеза;
- б) деформации роста;
- в) способствует опылению;
- г) может вызвать ветровал.

Задание 26. Основными источниками антропогенного загрязнения атмосферы являются:

- а) автотранспорт;
- б) гидроэлектростанции;
- в) предприятия химической промышленности;
- г) чёрная и цветная металлургия.

Задание 27. Энтомофилия –

- а) это самоопыление;
- б) это опыление растений птицами;
- в) это опыление растений насекомыми;
- г) это опыление растений млекопитающими.

Задание 28. Экологическое значение эпифитизма:

- а) возможность получения воды и минеральных веществ за счёт других;
- б) возможность выбраться к свету в верхних ярусах леса без больших потерь вещества на рост;
- в) возможность использовать органические вещества хозяина;
- г) защита от внешних воздействий.

Задание 29. Исчезновение животных, вследствие уничтожения их естественной среды обитания (например, выруба влажных тропических лесов) является следующей формой антропогенного воздействия на биоресурсы:

- а) преднамеренное воздействие;
- б) косвенное воздействие;
- в) непреднамеренное воздействие;
- г) прямое воздействие.

Задание 30. Термин «жизненная форма» был введён в ботанику:

- а) Раункиером;
- б) Вармингом;
- в) Серебряковым;
- г) Тенсли.

Задание 31. Ежегодная потеря не менее половины своих годовых приростов характерна для:

- а) деревьев;

- б) полукустарников;
- в) кустарников;
- г) полукустарнички.

Задание 32. Растения, у которых почки зимуют или переносят засушливый период достаточно высоко над землёй...

- а) хамефиты;
- б) криптофиты;
- в) фанерофиты;
- г) гемикриптофиты.

Критерии оценивания тестов

- 55% и менее правильных ответов – неудовлетворительно;
- 56-74% – удовлетворительно;
- 75-89% – хорошо;
- 90-100% – отлично.

2) Вопросы к экзамену

1. Экология растений как наука, её задачи, основные методы, связь с другими науками.
2. Среда обитания, экологические факторы как её элементы. Классификация экологических факторов.
3. Роль воды в жизни растений. Водный режим растений и его основные составляющие. Корневое давление.
4. Транспирация и её экологическое значение.
5. Особенности водной среды обитания.
6. Гидатофиты и аэрогидатофиты: специфика морфологического и анатомического строения, особенности жизнедеятельности.
7. Гидрофиты – прибрежные растения. Особенности морфологического и анатомического строения, особенности жизнедеятельности.
8. Экологические, морфологические и анатомические особенности гигрофитов, мезофитов, ксерофитов.
9. Анатомо-морфологические и экологические особенности психрофитов и криофитов.
10. Засуха, её влияние на растение. Засухоустойчивость, её экологическое значение.
11. Свет как экологический фактор. Понятие о физиологически активной радиации (ФАР).
12. Роль света в процессе фотосинтеза. Зависимость фотосинтеза от освещённости,
13. Влияние света на ростовые процессы.
14. Анатомо-морфологические особенности гелиофитов и сциофитов.
15. Поступление тепла к земной поверхности. Радиация, инсоляция, теплообмен, конвекция. Пространственное распределение температур на Земле. Вегетационный период, его обусловленность температурами.
16. Влияние на растения высоких температур. Жароустойчивость.
17. Влияние на растения низких положительных температур. Холодостойкость.
18. Влияние на рост отрицательных температур. Морозостойкость. Процесс закаливания, его этапы.
19. Основные свойства почвы. Почвенное плодородие. Экологическое значение гранулометрического состава. Экологическое значение физико-химических свойств почвы. Реакция почвенного раствора как экологический фактор местообитания.
20. Ацидофильные, нейтрофильные, базифильные растения.
21. Олиготрофы, мезотрофы, мегатрофы.

22. Экология растений засоленных почв. Анатомо-морфологические особенности гликофитов и галофитов.
23. Атмосфера как оболочка Земли и ее значение. Газовый состав воздуха, его экологическое значение.
24. Ветер как экологический фактор. Прямое и косвенное воздействие ветра.
25. Токсическое действие загрязняющих веществ. Биологическая, морфолого-анатомическая и физиологическая газоустойчивость.
26. Фитогенные экологические факторы.
27. Зоогенные экологические факторы. Значение разных групп животных для растений.
28. Жизненные формы растений. Основные направления в классификации жизненных форм.
29. Влияние микроорганизмов и грибов на растения.
30. Антропогенные факторы. Преднамеренное и непреднамеренное воздействие человека на растительность.

Оценивание ответов студента

"Отлично" выставляется студенту, который демонстрирует при ответе всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой. Свободно ориентируется в основной и дополнительной литературе, рекомендованной программой, а так же показывает усвоение взаимосвязи основных понятий дисциплины и их значений для приобретаемой профессии, проявляет творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

"Хорошо" выставляется студенту, который демонстрирует при ответе хорошее знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные задания, усвоил основную литературу, рекомендованную в программе. Показывает систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

"Удовлетворительно" выставляется студенту, обнаружившему знание основного учебного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учёбы и предстоящей работы по профессии, справляющимся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой, допустившим погрешности в ответе, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

"Неудовлетворительно" выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не ознакомившемуся с основной литературой, предусмотренной программой, и не овладевшему базовыми знаниями, предусмотренными по данной дисциплине и определёнными предметными умениями.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Список основной литературы

Афанасьева, Н. Б. Ботаника. Экология растений в 2 ч. Часть 1: учебник для бакалавриата и магистратуры / Н. Б. Афанасьева, Н. А. Березина. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2017. Год: 2017 / Гриф УМО ВО.

Ссылка: <https://www.biblio-online.ru/book/5CD16185-5CC4-4EA2-B73D-DA1B7DE40B49>

Афанасьева, Н. Б. Экология растений в 2 ч. Часть 1: учебник для вузов / Н. Б. Афанасьева, Н. А. Березина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 352 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15412-2. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. —

Список дополнительной литературы

1. Березина Н.А., Афанасьева Н.Б. Экология растений. М.: Академия, 2009. - 400 с.
2. Викторов Д.П. Практикум по физиологии растений. Из-во Воронежский университет, 1991.
3. Культиасов И.М. Экология растений. М., Просвещение. 1982.
4. Практикум по физиологии растений. Под ред. В.Б. Иванова. М., Просвещение 2001.
5. Рыбкина С.В. «Практикум по экологии растений». Изд-во СмолГУ. 2009.
6. Вальтер Г. Растительность Земного шара. В 2-х т. М., Мысль. 1974.
7. Горышина Т.А. Экология растений. М., 1979.
8. Двораковский М.С. Экология растений. М., 1983.
9. Генкель П.А. Физиология жаро- и засухоустойчивости. М., 1982.
10. Матвеев Н.М. Аллелопатия как фактор экологической среды. Саратов, 1994.
11. Чиркова Т.В. Пути адаптации растений к гипоксии и аноксии. Л., 1988.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. www.gnpbu.ru – Государственная научная педагогическая библиотека им. К.Д. Ушинского Российской академии образования (ГНПБ РАО).
2. <http://www.shpi.ru> - Государственная публичная историческая библиотека России (ГПИБ).
3. <http://fatpoint.ru/> - образовательный портал
4. <http://ethology.ru/> - образовательный портал

8. Перечень информационных технологий

Microsoft Open License (Windows XP, 7, 8, 10, Server, Office 2003-2016), лицензия 66975477 от 03.06.2016 (бессрочно).

Обучающимся обеспечен доступ к ЭБС «Юрайт», ЭБС «IPRbooks», доступ в электронную информационно-образовательную среду университета, а также доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

9. Материально-техническая база

- беспроводной интерактивный планшет;
- ноутбук HP;
- мультимедийный проектор BenQ (ауд. 43)

- электрифицированные столы для работы с микротехникой;
- микроскопы «Микмед 1»;
- микроскопы биологические;
- микроскопы МБС-9;
- микроскопы МБС-10;
- телевизор «Самсунг»;
- DVD- плеер «Самсунг» (ауд. 37)

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 6314D932A1EC8352F4BBFDEFD0AA3F30
Владелец: Артеменков Михаил Николаевич
Действителен: с 21.09.2022 до 15.12.2023