

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

Кафедра биологии и декоративного растениеводства

«Утверждаю»

Проректор по учебно-
методической работе

Ю.А. Устименко
«06» сентября 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины
Б1.В.01 Физиология растений**

Направление подготовки: **35.03.10 Ландшафтная архитектура**

Направленность (профиль): **Строительство и содержание объектов ландшафтной архитектуры**

Форма обучения: очная

Курс – 2

Семестр – 3

Всего зачетных единиц – 4з.е., 144 ч.

Форма отчетности: экзамен – 3 семестр

Программу разработал
кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и декоративного
растениеводства Елагина Е.М.

Одобрена на заседании кафедры
«30» августа 2021 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой

Смоленск
2021

1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина Б1.В.01 «Физиология растений» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений программы бакалавриата по направлению подготовки 35.03.10 «Ландшафтная архитектура» (очная форма обучения). Для освоения дисциплины Б1.В.01 «Физиология растений» «Морфобиологические особенности декоративных растений» студент должен обладать базовыми знаниями, умениями и навыками, полученными в результате изучения дисциплины «Морфобиологические особенности декоративных растений», также учебной практики «Ботаника».

В свою очередь, дисциплина Б1.В.01 «Физиология растений» служит фундаментальной, теоретической и практической базой понимания растительного организма как целостной биологической системы, которая используется для создания устойчивых и жизнеспособных насаждений и композиций ландшафтной архитектуры. Данная дисциплина служит основой для изучения последующих дисциплин «Декоративное растениеводство», «Защита растений», «Древоводство», «Декоративная дендрология», «Декоративные растения в ландшафтной архитектуре», «Выращивание посадочного материала декоративных растений», «Озеленение интерьеров и эксплуатируемых кровель». «Физиология растений» - это одна из первых дисциплин цикла обучения, в ходе освоения которой на лабораторном практикуме студенты овладевают навыками экспериментальной работы с растениями. В этой связи важно, что создание основ экспериментального исследования в области физиологии растений необходимо для формирования знаний, умений и навыков оценки состояния растительного организма, используемого в зеленом строительстве.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
ПК-2. Способен проводить ландшафтный анализ и оценку состояния растений на этапе предпроектных изысканий	Знать: физиологическую роль элементов минерального питания; физиологические основы продуктивности растений; особенности ростовых процессов растений и способы их регуляции; физиологическую природу устойчивости растений, способы повышения устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды; разнообразие механизмов управления и интеграции у растений; Уметь: объяснять явления и процессы, происходящие в жизни растений, произрастающих в естественных и искусственных фитоценозах; владеть основными методами исследования физиологических и биохимических процессов; методически грамотно проводить исследовательскую работу, сравнивать и анализировать полученные результаты, делать выводы; проводить полевые исследования; выявлять черты адаптации растений к среде обитания; использовать теоретические знания основ физиологии растений для решения практических задач по технологиям выращивания посадочного материала декоративных растений разных жизненных форм в условиях закрытого и открытого грунта; Владеть: основными экспериментальными

	методами исследования физиологических процессов; навыками отбора по физиологическим показателям качественного посадочного материала для целей озеленения урбанизированных и селитебных территорий.
--	--

3. Содержание дисциплины

Основными формами обучения в ходе изучения дисциплины являются лекции (32 часов), лабораторные работы (32 часа), самостоятельная работа студентов (53).

Раздел 1. Физиология растительной клетки.

Раздел 2. Минеральное питание и водный режим растений.

Раздел 3. Фотосинтез.

Раздел 4. Дыхание растений.

Раздел 5. Рост и развитие растений.

Раздел 6. Устойчивость растений.

4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий			
			лекции	семинары	лабораторные занятия	самост. работа
Раздел 1. Физиология растительной клетки						
1.	Клетка как структурно-функциональная единица растительного организма	3	2	-	-	1
2.	Плазмолиз и деплазмолиз	4	-	-	2	2
3.	Поступление воды в растительную клетку	3	2	-	-	1
4.	Осмотическое давление клеток растений	4	-	-	2	2
5.	Поступление ионов в растительную клетку	3	2	-	-	1
6.	Свойства живой и мертвой цитоплазмы	4	-	-	2	2
Раздел 2. Водный режим и минеральное питание						
7.	Водный режим растений	3	2	-	-	1
8.	Поступление и передвижение воды по растению	4	-	-	2	2
9.	Транспирация	4	-	-	2	2
10.	Объем корневой системы. Общая и рабочая поверхность корней	4	-	-	2	2
11.	Минеральное питание растений	4	2	-	-	2
12.	Микрохимический анализ золы растений. Обнаружение нитратов	4	-	-	2	2
Раздел 3. Фотосинтез						
13.	Пигменты фотосинтеза	4	2	-	-	2

14.	Физико-химические свойства пигментов фотосинтеза	4	-	-	2	2
15.	Световая фаза фотосинтеза	4	2	-	-	2
16.	Количественное определение пигментов	4	-	-	2	2
17.	Темновая фаза фотосинтеза	4	2	-	-	2
18.	Интенсивность фотосинтеза	4			2	2
Раздел 4. Дыхание растений						
19.	Гликолитический путь дыхательного метаболизма	4	2	-	-	2
20.	Интенсивность дыхания	4	-	-	2	2
Раздел 5. Рост и развитие						
21.	Клеточные основы роста	3	2	-	-	1
22.	Особенности роста клеток корня	4	-	-	2	2
23.	Фитогормоны	4	2	-	-	2
24.	Влияние фитогормонов на прорастание семян	4	-	-	2	2
25.	Морфогенез растений	3	2	-	-	1
26.	Ростовые движения	6	2	-	2	2
27.	Развитие растений	3	2	-	-	1
Раздел 6. Устойчивость растений						
28.	Механизмы устойчивости растений	6	4	-	-	2
29.	Морозоустойчивость растений	4	-	-	2	2
30.	Жаростойкость растений	4	-	-	2	2
	Подготовка к экзамену	27				27
ИТОГО		144	32		32	80

5. Виды образовательной деятельности

Занятия лекционного типа

Раздел 1. Физиология растительной клетки

Тема 1: «Клетка как структурно-функциональная единица растительного организма»

Характерные черты строения растительной клетки в связи с особенностями ее жизнедеятельности и целостного растительного организма. Клеточная стенка, пластиды как следствие фотосинтетического типа питания. Вакуоль и осмотические процессы, их обусловленность прикрепленным образом жизни растений. Характерные черты обмена веществ растительной клетки: поступление, использование и выведение веществ, энергии и информации из клетки растения.

Тема 2: «Поступление воды в растительную клетку»

Диффузия и осмос как физико-химические процессы, протекающие в растительной клетке. Растительная клетка как осмотическая система с точки зрения газовых законов. Сосущая сила, осмотическое давление, тургорное давление, взаимосвязь этих величин; их

изменение в разных условиях увлажнения клетки. Термодинамический подход в объяснении клетки как осмотической системы. Химический потенциал. Водный потенциал и его составляющие. Роль водного потенциала в жизнедеятельности клетки. Водный режим клетки.

Тема 3: «Поступление ионов в растительную клетку»

Биологические мембраны: состав, строение, свойства, функции в клетке. Роль плазмалеммы как пограничной мембраны. Транспорт ионов и малых молекул через плазмалемму: пути и механизмы. Пассивный транспорт веществ, роль переносчиков и ионных каналов. Движущие силы пассивного переноса веществ через мембрану. Активный транспорт веществ. АТФ-азы, возможные механизмы их функционирования. Движущие силы активного переноса веществ. Симпорт, антипорт, котранспорт, их особенности и значение в жизни клетки.

Раздел 2. Водный режим и минеральное питание

Тема 4: «Водный режим растений»

Поступление воды и минеральных веществ в клетки ризодермы корня. Радиальный транспорт, механизмы загрузки ксилемы. Градиент водного потенциала как движущая сила водного тока в растении. Корневое давление: осмотическая и метаболическая составляющие. Транспорт и использование воды и минеральных веществ надземными органами. Транспирация – верхний концевой двигатель водотока, ее значение. Связь транспирации с фотосинтезом и переносом веществ по побегу. Особенности устьичной транспирации, возможные механизмы. Этапы устьичной транспирации. Механизмы регуляции испарения воды растением на разных этапах транспирации. Водный режим целого растения. Влияние изменяющихся экологических факторов на состояние водного баланса растительного организма.

Тема 5: «Минеральное питание растений»

Минеральное питание как физиологический процесс растений. Макроэлементы, микроэлементы. Механизмы поступления ионов в корневую систему и передвижение ионов по растению. Физиологическая роль азота. Формы азота в почве, доступные для растений. Симбиотическая и несимбиотическая азотфиксация. Транспортные формы азота в растении. Процесс восстановления нитратов до аммиака. Утилизация аммиака в растениях: биосинтез первичных и вторичных аминокислот (первичное восстановительное аминирование и трансаминирование). Круговорот азотистых веществ в растении. Поглощительная, проводящая и синтетическая роль корневой системы.

Раздел 3. Фотосинтез

Тема 6: «Пигменты фотосинтеза»

Фотосинтетические пигменты: хлорофиллы, каротиноиды, фикобилины, их химический состав, строение, химические и физические свойства, локализация в пластидах, роль в фотосинтезе. Понятие о фотосистемах. Фотосистема 1 и фотосистема 2 как аппарат, обеспечивающий протекание световой фазы фотосинтеза. Реакционные центры фотосистем, антенные комплексы, светособирающие комплексы, электронтранспортные цепи (ЭТЦ). Механизмы взаимодействия компонентов фотосистем.

Тема 7: «Световая фаза фотосинтеза»

Световая фаза как сочетание физико-химических и фотохимических процессов. Фотофизический этап световой фазы фотосинтеза. Поглощение квантов света молекулами хлорофилла. Уровни возбуждения молекул хлорофилла. Трансформация энергии в фотофизическом этапе. Фотохимический этап световой фазы. Циклический и нециклический поток электронов в ЭТЦ хлоропластов. Превращения энергии в фотохимическом этапе. Механизмы фотолиза воды. Фотофосфорилирование. Сопряжение транспорта электронов с синтезом АТФ в ЭТЦ. Продукты световой фазы.

Тема 8: «Темновая фаза фотосинтеза»

Темновая фаза фотосинтеза как биохимический этап. Цикл Кальвина (C_3 -путь темновой фиксации углекислого газа), его локализация и этапы: карбоксилирование, восстановление, регенерация. Использование продуктов световой фазы в темновых реакциях. Подача углекислого газа у C_3 - и C_4 -растений и образование метаболитов. Цикл Хэтча – Слэка – Карпилова (C_4 -путь темновой фиксации углекислого газа), метаболические особенности и строение фотосинтетического аппарата. Адаптивная роль C_4 -пути темновой фиксации углекислого газа.

Раздел 4. Дыхание

Тема 9: «Гликолитический путь дыхательного метаболизма»

Дыхание и его значение в жизни растений как основного поставщика энергии и пластических веществ. Гликолитический (дихотомический) путь дыхания как один из основных путей. Аэробная фаза (гликолиз), локализация в клетке, химизм, субстратное фосфорилирование, продукты гликолиза. Значение гликолиза в энергетическом и пластическом обмене. Аэробная фаза. Окислительное декарбоксилирование ПВК. Цикл трикарбоновых кислот (цикл Кребса). Дыхательная ЭТЦ митохондрий и окислительное фосфорилирование. Энергетический выход гликолитического пути, вклад в пластический обмен.

Раздел 5. Рост и развитие растений

Тема 10: «Клеточные основы роста»

Рост и его критерии. Рост клеток как основа роста многоклеточного организма. Особенности роста клеток растений по сравнению с клетками животных. Характерные особенности фазы эмбриональной, растяжения, окончательной дифференцировки клеток. Физиологические процессы, протекающие на этих стадиях. Омнипотентность (тотипотентность). Культура тканей и клеток, фундаментальное и прикладное значение данного метода. Использование культуры клеток и тканей растений в генной инженерии.

Тема 11: «Фитогормоны»

Понятие о фитогормонах. Фитогормоны как основные регуляторы роста и развития растений. Общие механизмы фитогормональной регуляции. Фитогормоны-активаторы ростовых процессов: ауксины, цитокинины, гиббереллины, их химическая природа, локализация биосинтеза и физиологическое действие. Фитогормоны-ингибиторы ростовых процессов: абсцизовая кислота, этилен, их химическая природа, локализация биосинтеза и физиологическое действие. Взаимодействие фитогормонов разных групп на уровне целого растения; фитогормональные поля. Практическое использование фитогормонов и их синтетических аналогов в растениеводстве.

Тема 12: «Морфогенез растений»

Особенности дифференцировки и роста целостного растения. Морфогенез побега и корня, его механизмы, роль фитогормонов разных групп в регуляции морфогенеза органов растения. Индукция поляризации у растений. Коррелятивный рост, его адаптивная роль. Ростовые движения растений, их приспособительное значение. Фитогормональная регуляция ростовых движений. Донорно-акцепторные взаимоотношения и транспорт ассимилятов в растении. Периодичность роста.

Тема 13: «Ростовые движения»

Роль и значение ростовых движений в жизни растений. Механизмы ростовых движений. Фитогормональная регуляция движений частей растительного организма. Отличия тропических и настических движений частей растений. Механизмы и физиологическая роль тропизмов и настий. Понятие о нутациях.

Тема 14: «Развитие растений»

Понятие развития растений. Сложная диалектическая связь развития и роста растительного организма. Особенности развития растений. Механизмы цветения растений. Теория гормонального цветения М.Х. Чайлахяна. Гипотеза флоригена. Роль фитогормонов в процессе цветения. Явление яровизации. Яровые, озимые, двуручки, их физиологические особенности. Адаптивная роль яровизации. Фотопериодизм растений, его физиологические механизмы. Растения короткого и длинного дня. Приспособительное значение фотопериодических реакций растений.

Раздел 6. Устойчивость растений

Тема 15: «Механизмы устойчивости растений»

Природа и специфика устойчивости растений. Способы защиты и надежность растительного организма. Физиология стресса. Первичные неспецифические стрессовые реакции на клеточном, тканевом, организменном уровне. Специфические защитные механизмы. Вклад фитогормонов в формирование устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. Засухоустойчивость и устойчивость к перегреву. Устойчивость к низким температурам: холодостойкость, морозоустойчивость. Закаливание растений.

Лабораторные занятия

Раздел 1. Физиология растительной клетки

Тема 1: «ПЛАЗМОЛИЗ И ДЕПЛАЗМОЛИЗ»

Цель: изучить условия, при которых происходят плазмолиз и деплазмолиз; выявить механизмы этих явлений, научиться использовать плазмолиз как метод исследования растительной клетки.

Ход работы. Снять с помощью препаровальной иглы и пинцета кусочек эпидермиса чешуи синего лука, содержащего антоцианы. Поместить его в каплю воды на предметное стекло, накрыть покровным стеклом и рассмотреть в микроскоп. Зарисовать клетки в состоянии тургора, обозначив клеточную стенку, цитоплазму, ядро, вакуоль. Заменить воду 1 М раствором NaCl. Рассмотреть препарат под микроскопом, отметить изменения, происходящие с клетками. Зарисовать клетки в состоянии углового, вогнутого, выпуклого плазмолиза, обозначив на рисунках клеточную стенку, пространство, заполненное плазмолитиком, цитоплазму, ядро, вакуоль. Заменить на препарате 1 М раствор NaCl водой и немедленно приступить к наблюдению деплазмолиза (обратить внимание на скорость этого процесса по сравнению с плазмолизом). После окончания плазмолиза убить клетки, держа край предметного стекла пинцетом и осторожно нагревая препарат на пламени спиртовки, не допуская полного испарения воды. После нагревания заменить воду 1 М раствором NaCl. Рассмотреть препарат в микроскоп и установить, происходит ли плазмолиз. **Результаты** наблюдений занести в таблицу 1.

Таблица 1

Плазмолиз и деплазмолиз в клетках эпидермиса лука

Условия опыта	Наличие плазмолиза	Направление осмотического тока воды (в клетку; из клетки)
Живые клетки в воде		
Живые клетки в 1 М растворе NaCl		
Живые клетки после замены 1 М раствора NaCl водой		
Мертвые клетки в 1 М растворе NaCl		

Для составления **обсуждений результатов** и **выводов** по работе ответьте на следующие вопросы. Что такое плазмолиз и каковы его причины? Как происходит плазмолиз и деплазмолиз? Способны ли плазмолизировать мертвые клетки?

ТЕМА 2: «ОСМОТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ КЛЕТОЧНОГО СОКА»

Цель: изучить осмотическое давление клеточного сока как показатель, характеризующий осмотические свойства растительной клетки; выяснить роль осмотического давления в процессе поступления воды в растительную клетку.

ЗАДАНИЕ 1. Определение осмотического давления

клеточного сока плазмолитическим методом (по де Фризу)

Ход работы. Приготовить по 5 мл растворов NaCl концентрацией от 0,1 до 0,7 моль/л, наливая из мерных пипеток в баночки, снабженные соответствующими этикетками, 1 М раствор NaCl и дистиллированную воду по следующей таблице разведения (таблица 4). После приготовления растворы перемешать. Приготовить 7 срезов эпидермиса синего лука, поместить их в кипяченую воду на часовое стекло для удаления клеточного сока из поврежденных клеток. Через 2-3 мин. кисточкой извлечь срезы и по одному погрузить в каждый из приготовленных растворов. Спустя 5 мин. рассмотреть срезы в микроскоп в капле соответствующего раствора.

Таблица 4

Количество 1 М раствора NaCl и воды для приготовления 5 мл растворов разной концентрации

Конц. опытного раствора, моль/л	1 М раствор NaCl, мл	Вода, 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

Результаты исследований занести в таблицу 5.

Таблица 5

Влияние концентрации раствора на степень плазмолиза клеток

Концентрация раствора, моль/л	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Степень плазмолиза							
Рисунок клетки							

Установить изотоническую концентрацию, для этого найти максимальную концентрацию внешнего раствора, при которой плазмолиза нет, и минимальную концентрацию, при которой плазмолиз только начинается (табл. 5). Средняя арифметическая между этими концентрациями будет равна изотонической. Вычислить величину давления клеточного сока по уравнению Вант-Гоффа:

$$P = RTC_i$$

где P – осмотическое давление, МПа; R – универсальная газовая постоянная (8,31 Дж/град · моль); T – абсолютная температура (273° + t° C); C – концентрация раствора клеточного сока, моль/л; i – изотонический коэффициент, показывающий отношение числа частиц (молекул и ионов) в растворе к исходному количеству молекул растворенного вещества.

Для неэлектролитов i = 1, для электролитов величины изотонических коэффициентов представлены в таблице 6.

Для составления **обсуждений результатов** ответить на вопросы. Что такое осмотическое давление? Какие значения может принимать эта величина в клетках разных тканей растений? В каких пределах изменяется осмотическое давление в клетках?

Таблица 6

Значения изотонических коэффициентов для растворов NaCl

Конц. NaCl, моль/л	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Изотонич. коэф.	1,62	1,64	1,66	1,68	1,70	1,73	1,75	1,78	1,83

Сделать **вывод** о значении осмотического давления в поступлении воды в растительную клетку.

Тема 3: «СВОЙСТВА ЖИВОЙ И МЕРТВОЙ ЦИТОПЛАЗМЫ»

Цель: изучить влияние различных веществ и нагревания на жизнеспособность цитоплазмы растительных клеток; сравнить проницаемость живой и мертвой цитоплазмы.

ЗАДАНИЕ 1. Проницаемость живой и мертвой цитоплазмы для веществ клеточного сока

Ход работы. Вырезать из очищенного корнеплода сахарной свеклы четыре одинаковых брусочка длиной 3 см, шириной 0,5 см. Положить брусочки в фарфоровую чашку и многократно промыть водой до тех пор, пока не прекратится выделение окрашенного сока из поврежденных клеток. Поместить брусочки в четыре пробирки, налить в них воду (до 1/3 объема). Одну из пробирок оставить без изменений (контрольный вариант); вторую прокипятить над пламенем спиртовки в течение 1-2 мин.; в третью пробирку добавить 5 капель эфира; в четвертую – 5 капель 30%-ной уксусной кислоты. Пробирки встряхнуть и наблюдать изменение окраски жидкости через 10 мин. **Результаты** опыта занести в таблицу 4.

Таблица 4

Зависимость окраски жидкости в пробирках от внешних воздействий

Вариант опыта	Окраска жидкости
Вода комнатной температуры (контроль)	
Кипячение	
Вода + эфир	
Вода + 30%-ная уксусная кислота	

Для составления **обсуждений результатов** ответить на вопросы. Какие вещества обеспечивают окраску жидкости в пробирках? Пропускают ли мембраны живой неповрежденной клетки вещества клеточного сока? Как влияют на проницаемость мембран кипячение и ядовитые вещества? Как объяснить разную скорость окрашивания жидкости в разных вариантах опыта?

Сделать **вывод** об изменении проницаемости мембран под влиянием внешних факторов; о значении полупроницаемости мембран и их барьерной функции.

ЗАДАНИЕ 2. Определение жизнеспособности семян методом окрашивания (по Д.Н. Нелюбову)

Ход работы. Отсчитать две пробы по 5 набухших семян гороха. Одну порцию поместить в пробирку с водой и прокипятить в течение 5 мин. Осторожно, не повреждая семядоли, очистить препаровальной иглой семена обеих порций от кожуры, поместить в фарфоровые чашки, залить 0,1%-ным раствором индигокармина и выдержать 1 ч., после чего слить краситель обратно в бутылочку, а семена промыть водой. Рассмотреть семена двух вариантов, отметить их окраску.

Результаты записать в таблицу 5.

Для составления **обсуждений результатов** ответить на вопросы. Как связаны проницаемость мембран и степень окраски семян? Как изменяется проницаемость мембран под влиянием кипячения? Сравните результаты этого опыта, с результатами

предыдущего задания 1. В каких целях можно использовать метод окрашивания семян в растениеводческой практике?

Таблица 5

Влияние кипячения на степень окрашивания семян

Вариант	Количество взятых семян, шт.	Количество семян, шт.		
		окрашенных полностью	окрашенных частично	неокрашенных
Контроль				
Кипячение				

Сделать **вывод** об изменении проницаемости мембран под влиянием кипячения и о проницаемости живой и мертвой цитоплазмы.

Раздел 2. Водный режим и минеральное питание растений

Тема 4: «ПОСТУПЛЕНИЕ И ПЕРЕДВИЖЕНИЕ ВОДЫ ПО РАСТЕНИЮ»

Цель: изучить механизмы, обеспечивающие поступление и передвижение воды по растению; выяснить роль корневой системы в обеспечении поступления и передвижения воды по растительному организму.

ЗАДАНИЕ 1. Влияние внешних условий на процесс гуттации

Ход работы. Взять 4 сосуда с одинаковыми проростками пшеницы, политыми за час до начала работы. Поставить три сосуда в кристаллизаторы: один заполнить кусочками льда, во второй налить воду комнатной температуры, в третий – воду, нагретую до 30° С. Четвертый сосуд оставить на столе. Удалить кусочками фильтровальной бумаги имеющиеся на проростках капли, после чего закрыть три первых сосуда стеклянными колпаками. Следить за скоростью выделения капель гутты на кончиках листьев проростков. Для большей точности эксперимента после появления капель рекомендуется снять их кусочком фильтровальной бумаги и отметить, через какой промежуток времени появятся новые капли. **Результаты** записать в таблицу 6, оценивая интенсивность гуттации по пятибалльной системе.

В **обсуждении результатов** сравнить данные вариантов 1; 2 и 3, а затем варианты 2 и 4. Объяснить, почему интенсивность гуттации неодинакова в разных условиях. Отметить внешние и внутренние условия, необходимые для процесса гуттации.

Таблица 6

Влияние внешних условий на интенсивность гуттации проростков пшеницы

№ п/п	Условия опыта	Интенсивность гуттации, балл
1	Под колпаком, 0° С	
2	То же, комнатная t°	
3	То же, 30° С	
4	Без колпака, комнатная t°	

В **выводах** указать значение гуттации в водном режиме растений.

Тема: «Поступление воды в прорастающие семена»

Цель: изучить физиологические механизмы поступления воды из внешнего раствора в прорастающие семена.

ЗАДАНИЕ 1. Влияние концентрации раствора на прорастание семян

Ход работы. Подготовить 4 влажные камеры для проращивания семян. Для этого выложить дно и крышки чашек Петри фильтровальной бумагой, снабдить их этикетками. Смочить фильтровальную бумагу первой чашки 10 мл 1 М раствора NaCl, второй – 10 мл 0,1 М раствора NaCl, третьей – 10 мл 0,01 М раствора NaCl, четвертой – 10 мл дистиллированной воды. Отобрать 4 порции по 15 штук неповрежденных и по возможности одинаковых семян пшеницы. Поместить семена в чашки, разложив их равномерно по поверхности дна, закрыть чашки крышками и поставить их в темное место. Держать чашки закрытыми 2-3 дня, затем снять крышки, ежедневно поливать проростки

соответствующими растворами. Через неделю измерить длину надземных частей и корневых систем всех проростков каждого варианта. Найти среднее арифметическое для всех измерений (по вариантам). Вычислить осмотическое давление растворов по формуле: $P = RTC_i$. **Результаты** записать в таблицу 7.

В **обсуждении результатов** объяснить причины неодинакового прорастания семян в растворах разной концентрации. Отметить влияние осмотического давления внешнего раствора на набухание и прорастание.

Таблица 7

Влияние концентрации внешнего раствора на прорастание семян пшеницы

Концентрация раствора, М	Осмотическое давление раствора, МПа	Длина, мм	
		надзем. частей	корн. систем
1,0			
0,1			
0,01			
0			

Сделать **вывод** о наиболее оптимальном осмотическом давлении внешнего раствора для прорастания семян.

Тема 5: «ТРАНСПИРАЦИЯ»

Цель: изучить приспособления растений к регулированию испарения воды; выявить зависимость транспирации от возраста листьев и влияния внешних условий; исследовать скорость транспирации нижней и верхней эпидермы листа; овладеть методами изучения транспирации.

ЗАДАНИЕ 1. Определение интенсивности транспирации по уменьшению массы срезанных листьев

Ход работы. Срезать два листа комнатного растения: молодой, растущий (из верхней части побега) и зрелый, закончивший рост (из средней части побега). Взвесить листья, спустя 5 мин. взвешивание повторить, если испарение идет слабо, можно увеличить экспозицию до 10 мин. Определить площадь листовой пластинки каждого листа весовым методом. Одновременно при тех же условиях найти интенсивность эвапорации, т.е. испарения со свободной водной поверхности. Для этого чашку Петри заполнить водой комнатной температуры, взвесить ее на технических весах, через 1 ч. взвесить повторно. Определить испаряющую поверхность, измерив с помощью линейки внутренний диаметр чашки Петри.

Результаты исследований записать в таблицу 8.

Интенсивность транспирации I_T (г/м² ч) вычислить по формуле:

$$I_T = n \cdot 10000 \cdot 60 / s \cdot t,$$

где n – масса испарившейся воды, г; s – площадь испаряющей поверхности, см²; t – экспозиция, мин.; 10000 – коэффициент перевода см² в м²; 60 – коэффициент перевода минут в часы.

Вычислить интенсивность эвапорации ($I_э$) по той же формуле. Площадь чашки Петри определить по формуле $S = \pi \cdot r^2$, где r – радиус чашки. Найти относительную транспирацию $I_T/I_э$.

Таблица 8

Данные для расчета интенсивности транспирации листьев и испарения воды со свободной поверхности

Объект	Время взвешивания		Экспозиция, мин	Масса, г		Испареноводы, г	Площадь, см ²
	1-го	2-го		1-я	2-я		
Лист молодой							

Лист зрелый							
Сосуд с водой							

В **обсуждении результатов** сравнить интенсивность транспирации молодых и зрелых листьев, объяснить причины разной скорости испарения воды. На основании величины относительной транспирации ($I_T/I_Э$ менее 0,5 считается низкой) сравнить испарение с поверхности листьев и со свободной поверхности воды при одинаковых условиях. Сделать **вывод** об интенсивности изучаемого процесса в листьях разного возраста.

ЗАДАНИЕ 2. Сравнение транспирации верхней и нижней сторон листа хлоркобальтовым методом

Ход работы. Просушить над электроплиткой сложенный пополам кусок хлоркобальтовой бумаги до появления ярко голубого цвета и немедленно приложить его к двум сторонам листа (непосредственно на растении!). Хлоркобальтовую бумагу следует держать пинцетом, не дотрагиваясь до ее пальцами, от которых могут остаться розовые пятна, появляющиеся при соприкосновении с влагой. Чтобы устранить действие атмосферных паров воды, осторожно зажать лист вместе с наложенной на него бумагой между двумя стеклянными пластинками. Наблюдать за изменением окраски бумаги в течение 5-7 мин. и записать результаты.

Сделать срезы верхнего и нижнего эпидермиса листа данного растения, рассмотреть их в микроскоп. Подсчитать число устьиц в поле зрения микроскопа на верхней и нижней эпидерме.

Результаты: зарисовать строение верхней и нижней эпидермы листа, обозначив собственные клетки эпидермы, устьичные аппараты (устьичную щель, замыкающие и побочные клетки), трихомы (в случае их наличия). Сравнить данные по интенсивности транспирации верхней и нижней стороны листа, полученные хлоркобальтовым методом, с результатами изучения срезов верхней и нижней эпидермы.

В **обсуждении результатов** сравнить транспирацию верхней и нижней стороны листа (сопоставляя данные хлоркобальтового метода с изучением срезов эпидермы). Отметить, чем обусловлены различия скорости испарения с верхней и нижней поверхности листа. Обосновать, какие типы транспирации характерны для верхней и нижней эпидермы данного вида растения. Указать анатомические особенности эпидермы, обеспечивающие экономное расходование влаги листом. Сделать **выводы** о причинах различной интенсивности транспирации верхней и нижней сторон листа данного растения и о соотношении устьичной и кутикулярной транспирации.

ЗАДАНИЕ 3. Влияние внешних условий на состояние устьиц (по Молишу)

Ход работы. Определение состояния устьиц методом инфильтрации основано на способности жидкостей, смачивающих клеточные стенки, проникать через открытые устьичные щели в ближайшие межклетники, вытесняя воздух. Жидкости проникают в устьичные щели в зависимости от их ширины: петролейный эфир – через слабо открытые устьица, ксилол – через средне открытые, а этиловый спирт – только через широко открытые.

Аккуратно повернуть несорванный лист комнатного растения нижней поверхностью вверх, держать его горизонтально и нанести отдельно маленькие капли петролейного эфира, ксилола и этилового спирта. Держать лист в горизонтальном положении до полного исчезновения капель, которые могут либо проникнуть внутрь листа, либо испариться. Рассмотреть лист на свет.

Исследовать листья, находившиеся в разных условиях, **результаты** занести в таблицу 9, отмечая проникновение жидкостей знаком «+», а отсутствие проникновения знаком «-».

Таблица 9

Влияние внешних условий на степень открытости устьиц

Вариант	Эфир	Ксилол	Спирт	Состояние устьиц
Лист свежий				
Лист подвядший				
Лист освещенный				
Лист затемненный				

В **обсуждении результатов** отметить влияние разных внешних условий на состояние устьиц. Обосновать адаптивное значение устьичных движений к изменяющимся экологическим факторам. Отметить значение транспирации в жизни растения. Сделать **выводы** о влиянии внешних условий на движения замыкающих клеток устьичных аппаратов.

ТЕМА 6: «ОБЪЕМ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ. ОБЩАЯ И РАБОЧАЯ ПОВЕРХНОСТЬ КОРНЕЙ»

Цель: выяснить значение общей адсорбирующей и рабочей поверхности корней в процессе поглощения веществ из окружающей среды; определить объемы корневых систем, размеры общей адсорбирующей и рабочей поверхности у растений разных видов.

ЗАДАНИЕ 1. Определение объема корневой системы

Ход работы. Для исследования использовать корневые системы двух видов растений: пшеницы и гороха. Взять по 10 одновозрастных проростков каждого вида, собрать их в пучки так, чтобы корневые шейки находились на одном уровне, связать растения, обсушить корни с помощью фильтровальной бумаги. В мерный цилиндр налить воду на определенную высоту, заметить исходное положение мениска в цилиндре. Погрузить в цилиндр с водой пучок проростков так, чтобы корни были полностью погружены в воду. Заметить второе положение мениска. Вынуть корневые системы из цилиндра, обсушить их фильтровальной бумагой. Повторить измерение еще два раза. Провести такие же опыты с корневыми системами проростков гороха.

Результаты исследования записать в таблицу 27. По окончании работы корневые системы пучков проростков перенести в стаканы с водой и сохранить для следующей работы.

Таблица 10

Объемы корневых систем проростков пшеницы и гороха

Объект	Количество растений, шт.	Объем корневой системы одного проростка, мл			
		1 повтор	2 повтор	3 повтор	среднее
Пшеница					
Горох					

В **обсуждении результатов** сравнить данные, полученных для проростков пшеницы и гороха.

Сделать **вывод** о значении объема корневой системы в поглощении воды и минеральных веществ из почвы.

ЗАДАНИЕ 2. Определение общей и рабочей поверхности корней

Ход работы. Налить в три пронумерованных стакана одинаковое количество 0,0002 н раствора метиленовой синей. Объем раствора в каждом стакане должен быть в 10 раз больше объема исследуемой корневой системы. Проростки пшеницы, у которых измеряли объем корневой системы в предыдущей работе, извлечь из сосуда с водой, осторожно осушить корни фильтровальной бумагой. Последовательно погрузить корневые системы до корневой шейки в три стакана с раствором метиленовой синей на 1,5 мин. в каждый. Растворы перемешивать, осторожно покачивая стаканы и поворачивая объекты.

Определить с помощью ФЭК при красном светофильтре оптическую плотность растворов метиленовой синей в стаканах после пребывания в них корневых систем

пшеницы. В качестве стандартного раствора использовать исходный раствор метиленовой синей, разбавленный в 10 раз (1 часть раствора + 9 частей дистиллированной воды). Опытные растворы также необходимо развести в 10 раз. Каждое измерение оптической плотности повторить три раза и вычислить среднее арифметическое. Построить калибровочный график. Для этого в сухих мерных пробирках приготовить не менее четырех разбавлений стандартного раствора и колориметрировать на ФЭК. На миллиметровой бумаге начертить систему координат, откладывая по оси абсцисс концентрацию растворов, а по оси ординат – оптическую плотность. Если растворы приготовлены точно, то все точки окажутся лежащими на одной прямой, которую и вычерчивают. Для определения концентрации испытуемого раствора найти на оси ординат соответствующую точку, провести от нее горизонтальную линию до пересечения с графиком и опустить перпендикуляр на ось абсцисс. Провести эксперимент по этой же методике с проростками гороха, у которых объем корневых систем определялся в предыдущей работе.

Результаты исследований занести в таблицу 11.

Таблица 11

Оптическая плотность и концентрация метиленовой синей в исследуемых растворах

Объект	№ стакана	Оптич. плотность				Конц. метиленовой синей, мг/мл	
		1	2	3	Σ	в стандарт.р-ре	в опыт.р-ре
Пшеница	1					0,064	
	2					0,064	
	3					0,064	
Горох	1					0,064	
	2					0,064	
	3					0,064	

Умножив объем раствора в стакане на концентрацию этого раствора, вычислить количество метиленовой синей до и после погружения корней, а по разности полученных величин – количество красителя, адсорбированное корневой системой. Поглощение метиленовой синей в первых двух стаканах характеризует общую адсорбирующую поверхность корня, поглощение в третьем стакане – рабочую поверхность. Умножив количество миллиграммов поглощенной метиленовой синей на 1,1 (1 мг метиленовой синей при мономолекулярной адсорбции покрывает 1,1 м² поверхности адсорбента), найти величину общей адсорбирующей и рабочей поверхности в м².

Результаты занести в таблицу 12.

Таблица 12

Общая адсорбирующая и рабочая поверхность корневых систем пшеницы и гороха

Объект	Объем раствора, мл	Количество в стаканах метиленовой синей, мг				Поглощение из стаканов метиленовой синей, мг				Поверхность корня, м ²	
		до погруж.	после погруж.			из 1-го	из 2-го	из 1-го и 2-го	из 3-го	общая	рабочая
			в 1-м	во 2-м	в 3-м						

В обсуждении результатов отметить механизмы адсорбции веществ на поверхности корней и значение этого процесса в жизни растений. Указать зоны корня, составляющие общую адсорбирующую и рабочую поверхность, отметить роль этих поверхностей в поглощении и проведении веществ. Сравнить изучаемые показатели у растений пшеницы и гороха.

Сделать **вывод** о значении адсорбции в поглощении веществ и об участии общей адсорбирующей и рабочей поверхности в этом процессе.

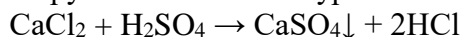
Тема7: «МИКРОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗОЛЫ РАСТЕНИЙ»

Цель: исследовать золу растений на содержание кальция, магния, фосфора, железа; выяснить роль этих элементов минерального питания в жизни растений. Изучить зависимость содержания нитратов в тканях разных видов растений от внешних и внутренних условий.

ЗАДАНИЕ 1. Микрохимический анализ золы

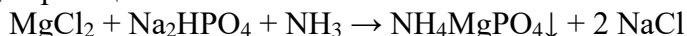
Ход работы. Насыпать в пробирку небольшое количество золы и залить ее четырехкратным объемом 10%-ной HCl. Отфильтровать полученный раствор в чистую пробирку. Провести в пробирке реакции на кальций, магний, фосфор, железо. Для этого стеклянной палочкой нанести на предметное стекло каплю вытяжки и на расстоянии 4-5 мм от нее – каплю соответствующего реактива, соединить капли каналом. В месте соединения произойдет реакция, по краям канала произойдет кристаллизация продуктов реакции. Закрыть препарат покровным стеклом и рассмотреть в микроскоп.

Реактивом на ион кальция служит 1%-ная H₂SO₄, при этом хлорид кальция, содержащийся в вытяжке, реагирует с кислотой по уравнению:

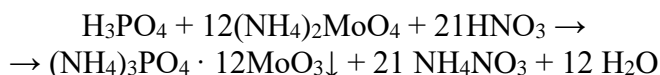


Образующийся гипс осаждается в виде игольчатых кристаллов.

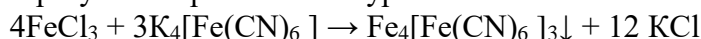
Для обнаружения магния к капле вытяжки сначала добавить каплю 10%-ного раствора аммиака, а затем соединить каналцем с реактивом, которым служит 1%-ный раствор фосфорнокислого натрия. При этом образуется фосфорно-аммиачномагнезиальная соль, кристаллизующаяся в виде прямоугольников или звезд, в результате следующей реакции:



Для обнаружения фосфора соединить каплю вытяжки с 1%-ным раствором молибдата аммония в азотной кислоте. Получится зеленовато-желтый осадок фосфорномолибденовокислого аммония:



Железо можно обнаружить с помощью 1%-ного раствора желтой кровяной соли. В результате реакции образуется берлинская лазурь:



Результаты исследований оформить в виде рисунков кристаллов, выпадающих в осадок, записать уравнения реакций.

В **обсуждении результатов** и **выводах** указать физиологическую роль кальция, фосфора, магния и железа.

ЗАДАНИЕ 2. Обнаружение нитратов в растительных тканях

Ход работы. Поместить на белую тарелку кусочки листовой пластинки, черешка листа, стебля исследуемого комнатного растения. Размять ткани стеклянной палочкой (палочку каждый раз споласкивать водой и вытирать), добавить по две капли 1%-ного раствора дифениламина в концентрированной серной кислоте. Оценить интенсивность синего окрашивания через 1,5–2 мин. по следующей шкале (табл. 10).

Таблица 10

Шкала для визуальной оценки условного содержания нитратов

Балл	Окраска растительной ткани	Условное содержание нитратов
6	Ткань быстро и интенсивно окрашивается в иссиневато-черный цвет. Окраска устойчива	Много

5	Ткань сразу окрашивается в темно-синий цвет. Окраска сохраняется некоторое время	Меньше
4	Ткань окрашивается в синий цвет. Окрашивание наступает не сразу	Еще меньше
3	Ткань окрашивается в светло-синий цвет. Окраска исчезает через 2-3 мин	Еще меньше
2	Окраска быстро исчезает	Еще меньше
1	Следы голубой окраски быстро исчезают	Очень мало
0	Нет синей окраски	Нет

Результаты исследования записать в таблицу 11. В **обсуждении результатов** сопоставить содержание нитратов в разных частях побега, определить, в тканях каких органов содержится максимальное и минимальное количество нитратов. Отметить влияние условий освещения на накопление нитратов.

Таблица 11

Влияние условий освещения на содержание нитратов в тканях растений

Растение	Условия освещения	Количество нитратов		
		черешок	листовая пластинка	стебель

Сделать **вывод** о способности разных тканей побегов к фотовосстановлению нитратов.

Раздел 3. Фотосинтез

Тема 8: «ФИЗИЧКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПИГМЕНТОВ ФОТОСИНТЕЗА»

Цель: овладеть методами выделения пигментов из листа и разделения пигментов фотосинтеза; изучить физические свойства хлорофиллов и каротиноидов. Изучить химические свойства хлорофиллов, обеспечивающие участие этих пигментов в фотосинтезе.

ЗАДАНИЕ 1. Получение вытяжки пигментов зеленого листа

Ход работы. Свежие или высушенные листья (1-2 г) измельчить ножницами, отбросив крупные жилки и черешки, поместить в ступку, добавить мела на кончике ножа (для нейтрализации кислот клеточного сока) и немного толченого стекла. Тщательно растереть, приливая понемногу 70%-ный раствор этилового спирта (20 мл). Слить полученный темно-зеленый раствор по палочке в воронку со складчатым фильтром, собрать экстракт в чистую сухую пробирку. В другой ступке растереть листья с водой, профильтровать, собрать фильтрат в чистую сухую пробирку. Рассмотреть полученные вытяжки на свет, установить, какая из них представляет собой истинный раствор, а какая – коллоидный. Сделать **вывод** о растворимости пигментов пластид в воде и органическом растворителе (спирте). Использовать спиртовую вытяжку для дальнейших исследований.

ЗАДАНИЕ 2. Спектры поглощения пигментов

Ход работы. Направить спектроскоп на источник света. Отрегулировать ширину щели на конце трубы спектроскопа так, чтобы спектр получился четким и достаточно ярким.

Налить в пробирку 2 мл вытяжки пигментов зеленого листа и поднести к щели спектроскопа. Изучить спектры поглощения растворов хлорофилла разной концентрации, разбавляя вытяжку в отношениях 1:1; 1:3; 1:5; 1:15. Для сравнения рассмотреть спектр раствора ксантофилла, полученный при разделении пигментов по Краусу.

Результаты оформить в таблицу 12. Зарисовать спектры, причем поглощенные участки закрасить черным, а видимые участки спектра – цветными карандашами.

Таблица 12

Поглощение лучей видимого света фотосинтетическими пигментами

Раствор	Участки спектра						
	ф	с	г	з	ж	о	К
Хлорофилла 1 : 15							
Хлорофилла 1 : 5							
Хлорофилла 1 : 3							
Хлорофилла 1 : 1							
Неразбавленный							
Ксантофилла							

Для составления **обсуждений результатов** ответить на вопросы. Какие лучи поглощаются хлорофиллами наиболее сильно? Какими особенностями строения молекулы хлорофиллов обеспечивается это их физическое свойство? Какие участки спектра поглощаются хлорофиллами наиболее слабо? Какие лучи поглощают ксантофиллы? Какими особенностями строения молекулы ксантофиллов обеспечивается это их физическое свойство?

В **выводе** указать спектры поглощения хлорофиллов и ксантофиллов.

ЗАДАНИЕ 3. Разделение пигментов по Краусу

Ход работы. Налить в пробирку 2 мл спиртовой вытяжки пигментов зеленого листа, добавить 3 мл бензина и 2-3 капли воды (чтобы спирт не смешивался с бензином). Закрывать пробирку, несколько раз встряхнуть и дать отстояться. Если разделение пигментов будет недостаточно четким (оба слоя окрашены в зеленый цвет), то необходимо прилить еще бензина и продолжать взбалтывание. Отметить окраску нижнего спиртового слоя и верхнего бензинового. **Результаты** оформить в виде рисунка.

В **обсуждении результатов** объяснить причину неодинаковой растворимости пигментов в спирте и бензине. Сделать **выводы** о разной растворимости хлорофиллов, каротинов и ксантофиллов.

ЗАДАНИЕ 4. Омыление хлорофилла щелочью

Ход работы. К 2 мл спиртовой вытяжки пигментов добавить 4-5 капель 20%-ного раствора КОН и взболтать. Прилить в пробирку равный объем бензина, встряхнуть и дать отстояться. Отметить окраску нижнего спиртового и верхнего бензинового слоев.

Результаты оформить в виде рисунка. Зарисовать пробирку с разделенной вытяжкой, указать, какие вещества растворены в спиртовой фракции, какие – в бензиновой, имея в виду, что не все фотосинтетические пигменты реагируют со щелочью.

В **обсуждении результатов** записать уравнение реакции омыления хлорофилла, указать образующиеся продукты.

В **выводе** отметить, в чем заключается химическая сущность реакции омыления.

ЗАДАНИЕ 5. Получение феофитина и восстановление металлорганической связи

Ход работы. Налить в две пробирки по 3 мл спиртовой вытяжки пигментов зеленого листа и добавить в них по 2-3 капли 10%-ного раствора HCl, отметить окраску полученного продукта реакции. В одну из пробирок с феофитином внести несколько кристаллов уксуснокислой меди и довести раствор до кипения (нагревать следует осторожно, не допуская выбрасывания жидкости из пробирки). Заметить изменение окраски раствора, вызванное замещением водорода в феофитине на медь.

Результаты: зарисовать пробирки, отметив окраску вытяжек.

В **обсуждении результатов** записать уравнения реакций: 1) взаимодействия хлорофилла с HCl с образованием феофитина; 2) взаимодействия феофитина с уксуснокислой медью. Отметить, почему в ходе этих химических превращений изменяется окраска вытяжки. Как изменяются при этом физические свойства пигментов?

В **выводе** отметить, в чем заключается химическая сущность реакции замещения атома магния на атомы водорода и реакции замещения атомов водорода на атом меди.

Тема9: «КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПИГМЕНТОВ»

Цель: изучить количественное содержание пигментов фотосинтеза методом колориметрирования в листьях разного возраста и в зависимости от экологических условий; овладеть методом хроматографического разделения пигментов (хроматография на бумаге).

ЗАДАНИЕ 1. Определение содержания хлорофилла

Ход работы. Приготовить вытяжки пигментов из листьев разного возраста комнатного растения (молодых растущих листьев и листьев зрелых, закончивших рост), используя по 300-500 мг тканей и 10 мл 70%-ного раствора спирта. Определить оптическую плотность вытяжек на ФЭКе. Для этого за 20 мин. до начала работы включить прибор, установить гальванометр на нулевое деление, поставить красный светофильтр, открыть шторки. Определить оптическую плотность вытяжек и стандартного раствора Гётри (концентрация 78 мг/л) относительно чистого растворителя (спирта), используя кюветы с расстоянием между гранями 10 мм. Вычислить концентрацию вытяжек по пропорции:

$$\rho_{ст.} / \rho_{оп.} = C_{ст.} / C_{оп.},$$

где $\rho_{ст.}$ – оптическая плотность раствора Гётри; $\rho_{оп.}$ – оптическая плотность опытного раствора; $C_{ст.}$ – концентрация раствора Гётри, мг/ 10 мл; $C_{оп.}$ – концентрация опытного раствора, мг/ 10 мл. Рассчитать процентное содержание хлорофиллов в навесках листьев изучаемых вариантов.

Результаты эксперимента записать в таблицу 13. Полученные вытяжки хлорофиллов использовать для выполнения следующего задания.

Таблица 13

Содержание хлорофиллов в листьях разного возраста

Вариант	На-веска, мг	Объем вытяжки, мл	Оптич. плотность, ρ	Количество хлорофиллов в вытяжке, мг/10 мл	Содержание хлорофиллов в листе, %
Молодой лист					
Зрелый лист					

В обсуждении результатов сравнить содержание пигментов фотосинтеза в листьях разного возраста. Объяснить количественные различия в содержании пигментов. Отметить, как зависит содержание пигментов от возраста листа и его донорно-акцепторной функции, какие внешние факторы влияют на содержание хлорофиллов.

Сделать **вывод** о влиянии внутренних и внешних факторов на содержание хлорофиллов в листьях.

ЗАДАНИЕ 2. Разделение пигментов методом бумажной хроматографии

Ход работы. Вытяжки пигментов, приготовленные в предыдущей работе перелить в бюксы и погрузить в них полоски фильтровальной бумаги. Через некоторое время, когда вытяжка поднимется по бумаге на 1-1,5 см, подсушить бумагу на воздухе и снова погрузить ее в раствор пигментов в течение нескольких секунд. Эту операцию повторить 5-7 раз до тех пор, пока у верхней границы распространения пигментов не образуется темно-зеленой полосы. После этого погрузить кончик бумажной полоски на нескольких секунд в чистый растворитель (спирт), чтобы все пигменты поднялись на 1-1,5 см. Высушив полоску до полного исчезновения запаха растворителя, поместить ее в вертикальном положении в стеклянный цилиндр, на дно которого налит авиационный бензин. Полоску нужно опустить так, чтобы в данный растворитель был погружен только неокрашенный конец, и она не касалась стенок сосуда. В связи с тем, что пигменты разрушаются на свету, разделение следует проводить при слабом освещении. Через 10-15 мин растворитель поднимется на 10-12 см, при этом пигменты расположатся в следующем

В **обсуждении результатов** сравнить интенсивность фотосинтеза в листьях разного возраста. Как и почему изменяется интенсивность фотосинтеза в онтогенезе листа?

Сделать **вывод** о влиянии возрастного статуса листа на скорость образования фотоассимилятов.

Раздел 4. Дыхание

Тема 11: «ИНТЕНСИВНОСТЬ ДЫХАНИЯ»

Цель: овладеть методом определения интенсивности дыхания по количеству выделенного углекислого газа; изучить интенсивность дыхания разных тканей растений.

ЗАДАНИЕ 1. Определение интенсивности дыхания по количеству выделенного CO₂ (по Бойсен-Йенсену)

Ход работы. Поместить две навески исследуемого растительного материала (по 3-5 г. листовых пластинок и стеблей комнатных растений) в марлевые мешочки, прикрепить их к крючкам, вставленным в пробку. Провести пробную сборку установки, проверив, свободно ли проходит мешочек с материалом через горло колбы и не опускается ли он слишком низко. Налить в каждую колбу по 10 мл раствора Ва(ОН)₂ и добавить по 2-3 капли фенолфталеина. Быстро опустить в колбу мешочек с растительным материалом, который не должен касаться раствора барита, плотно закрыть пробкой. Отметить время начала экспозиции.

Определения проводить сразу для двух вариантов в разных колбах. В контрольную (пустую) колбу также налить 10 мл барита, добавить 2-3 капли фенолфталеина и плотно закрыть пробкой. Колбы с объектами, содержащими хлорофилл, на время всего опыта поместить в темноту для исключения процесса фотосинтеза.

Время от времени колбы осторожно покачивать, чтобы разрушить пленку ВаСО₃, препятствующую полноте поглощения СО₂, не допуская попадания барита на мешочек с растительным материалом. Необходимо следить за тем, чтобы окраска раствора оставалась ярко-розовой. Если раствор обесцвечивается, то это показывает, что весь Ва(ОН)₂ израсходован на связывание СО₂. В этом случае немедленно прилить по 5 мл барита в контрольную и опытные колбы. Через 1 ч. удалить растительный материал, быстро закрыть колбы и отметить время окончания опыта. В каждом варианте протитровать оставшуюся щелочь, приливая 0,025 н раствор НСl до исчезновения розового оттенка. Контрольную колбу можно титровать через 20 мин. после начала опыта. **Результаты** записать в таблицу 15.

Интенсивность дыхания (I_д) вычислить по следующей формуле:

$$I_d = (A - B) \cdot 0,55 / p \cdot t,$$

где А – результаты титрования содержимого контрольной колбы; В – результаты титрования содержимого опытной колбы; 0,55 – количество мг СО₂, эквивалентное 1 мл 0,025 н раствора НСl; р – масса навески, г; t – экспозиция, ч.

Таблица 15

Интенсивность дыхания листьев и стеблей растений

Объект	Навеска, г	Объем барита, мл	Время			Расход НСl, мл		Интенс. дыхания, мг/г · час
			начало	конец	экспозиция	контроль	опыт	
Листья								
Стебли								

В **обсуждении результатов** сравнить данные об интенсивности дыхания растительных объектов в разных вариантах опыта. Отметить возможные причины разной интенсивности дыхания листьев и стеблей.

Сделать **выводы** о тканеспецифичности исследуемого показателя.

Раздел 5. Рост и развитие растений

Тема 12: «ОСОБЕННОСТИ РОСТА КЛЕТОК КОРНЯ»

Цель: изучить цитологические особенности клеток корня в зонах деления, растяжения и поглощения (корневых волосков); исследовать кинетику роста в разных зонах корня.

ЗАДАНИЕ 1. Зоны корня

Ход работы. Приготовить давленный препарат кончика корня трехдневных проростков пшеницы. Для этого поместить на предметное стекло в каплю воды отрезок корня длиной 1,5-2 см, добавить каплю 0,02%-ного раствора нейтрального красного, закрыть покровным стеклом и аккуратно раздавить препарат большим пальцем, не повредив покровное стекло. Рассмотреть препарат в микроскоп, найти зоны корня: деления, растяжения, поглощения, проведения. Изучить строение клеток разных зон.

Результаты исследования оформить в виде рисунка, на котором обозначить все зоны корня. В **обсуждении** результатов указать физиологические процессы и анатомические особенности клеток, характерные для каждой зоны корня. Сделать **вывод** о степени дифференциации клеток в каждой из этих зон.

ЗАДАНИЕ 2. Кинетика роста клеток корня

Ход работы. Используя препарат, приготовленный в предыдущем задании, измерить длину клеток в разных зонах корня с помощью окуляр-микрометра. Для этого окуляр микроскопа заменить на окуляр-микрометр, совместить измерительную линейку окуляр-микрометра и препарат (по его длине), провести измерения пяти клеток в зоне деления, растяжения и поглощения, найти средние величины для каждого измерения.

На основании полученных **результатов** построить график, отражающий скорость роста (измерение длины клеток) в каждой изучаемой зоне корня. Начертить систему координат, по оси абсцисс отложить три зоны корня (деления, растяжения, поглощения), по оси ординат – величину средней длины клеток в каждой зоне.

В **обсуждении** результатов проанализировать скорость роста клеток в зоне деления, растяжения, поглощения. Сделать **вывод** о характере роста клеток корня.

Тема 13: «ВЛИЯНИЕ ФИТОГОРМОНОВ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН»

Цель: изучить зависимость скорости прорастания семян и роста корней проростков от концентрации экзогенного гетероауксина.

ЗАДАНИЕ 1. Влияние гетероауксина на рост корней в зависимости от его концентрации

Ход работы. Выложить 5 чашек Петри фильтровальной бумагой, и смочить их 9 мл воды или раствора гетероауксина по следующей схеме.

1. Водопроводная вода;
2. Раствор гетероауксина 0,01 %;
3. Раствор гетероауксина 0,001 %;
4. Раствор гетероауксина 0,0001 %;
5. Раствор гетероауксина 0,00001 %.

Растворы готовят так: 1 мл основного раствора гетероауксина (0,01%) налить в мерную пробирку и добавить 9 мл дистиллированной воды, раствор перемешать. 9 мл полученного 0,001%-ного раствора налить в чашку № 3, а к оставшемуся 1 мл 0,001%-ного раствора добавить еще 9 мл дистиллированной воды, перемешать, получился раствор гетероауксина концентрацией 0,0001 и т.д.

В каждую чашку Петри с водой или растворами гетероауксина поместить по 15 семян пшеницы, чашки снабдить этикетками, закрыть и поставить в темное место. Ежедневно наблюдать за ходом прорастания, на 7-й день измерить длину корней и отметить особенности прорастания семян во всех вариантах.

Результаты: записать среднюю величину длины корней для каждого варианта, установить, какие концентрации гетероауксина задерживают, а какие стимулируют рост

корней, найти оптимальную концентрацию гетероауксина для роста корней пшеницы. В **обсуждении результатов** отметить физиологические эффекты ауксинов, указать механизмы стимуляции ризогенеза. Сделать **вывод** о значении ауксинов для процесса роста корней.

Тема 14: «РОСТОВЫЕ ДВИЖЕНИЯ РАСТЕНИЙ»

Цель: изучить механизмы и приспособительное значение ростовых движений растений (тропизмов и настий); выяснить влияние факторов окружающей среды на движение растительных организмов.

ЗАДАНИЕ 1. Фототропизм

Ход работы. Осмотреть проростки (колеоптили) пшеницы, выращенные в сосуде, и удалить изогнутые растения. Нанести на одну сторону проростков метки тушью на расстоянии 1 мм друг от друга. На верхушку одного проростка надеть светонепроницаемый колпачок (для приготовления колпачка обернуть кусочек фольги шириной 1 см вокруг спички и скрутить сверху). Снабдить сосуд с проростками этикеткой и поместить его в фототропическую камеру так, чтобы нанесенные на колеоптили метки оказались на затененной стороне. Через сутки рассмотреть проростки, обратив внимание на расположение меток.

Результаты оформить в виде рисунков. В **обсуждении** результатов объяснить механизм фототропизма, отметить зону фототропического изгиба, указать место восприятия одностороннего освещения. Сделать **вывод** о значении фототропических изгибов органов в жизни растений.

ЗАДАНИЕ 2. Геотропизм

Ход работы. Обернуть предметное стекло фильтровальной бумагой, смочить водой и разложить на ней едва наклонившиеся семена льна так, чтобы прорастающий зародышевый корешок был направлен вверх. Поместить предметное стекло с семенами в слегка наклонном положении в стакан, на дно которого налито немного воды. Снабдить стакан этикеткой, закрыть его стеклом и поставить в темное место. Через 3-4 дня рассмотреть проростки, найти геотропическую «петлю» (изгиб корня под влиянием гравитации).

Результаты оформить в виде рисунков. В **обсуждении** результатов объяснить механизм геотропизма, отметить зону геотропического изгиба, указать место восприятия действия земного притяжения. Сделать **вывод** о значении геотропических изгибов органов в жизни растений.

ЗАДАНИЕ 3. Хемотропизм корней

Ход работы. Взять чашку Петри, заполненную до половины застывшим желатином, в котором сделаны три лунки. С помощью пипетки налить в одну лунку дистиллированную воду, в другую – 2%-ный раствор $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, в третью – 2,5%-ный раствор NaCl. Прикрепить напротив каждой лунки этикетки с соответствующими надписями. С помощью пинцета поместить по одному проростку гороха рядом с каждой лункой так, чтобы корешок был направлен в сторону жидкости. Закрыть чашку Петри крышкой и поставить в темное место. Через 3-4 дня установить, как растут корни под влиянием изучаемых веществ.

Результаты оформить в виде рисунков. В **обсуждении** результатов объяснить механизм хемотропизма, отметить зону хемотропического изгиба. Сделать **вывод** о значении хемотропизмов органов в жизни растений.

ЗАДАНИЕ 4. Настические изгибы черешков листьев под действием индолилуксусной кислоты (ИУК)

Ход работы. На побеге комнатного растения выбрать два листа и измерить транспортиром углы отхождения черешков листьев от стебля. Нанести стеклянной палочкой ланолиновую пасту ИУК на нижнюю сторону черешка одного листа и на верхнюю сторону черешка другого листа. Через 1 ч. снова измерить углы отхождения листьев. Через 2 дня сделать еще одно измерение.

Результаты оформить в виде рисунков в начале опыта и в конце, на основании полученных данных заполнить таблицу 18, вычислив, на сколько градусов изменились углы отхождения листьев (увеличение обозначить знаком «+», уменьшение – знаком «-»).

Таблица 18

Влияние ИУК на угол отхождения листа от стебля

Растение	Сторона черешка, обработанная ИУК	Угол отхождения листа от стебля, °		Изменение угла отхождения листа, °
		до обработки	после обработки	
	Нижняя			
	Верхняя			

В **обсуждении** результатов объяснить механизмы и значение эпи- и гипонастий. Сделать **вывод** о причинах эпи- и гипонастических движений черешков.

Раздел 6. Устойчивость растений

Тема 15: «МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ»

Цель: изучить способность растений переносить низкие положительные и отрицательные температуры, исследовать механизм защитного влияния сахаров на цитоплазму растительных клеток.

ЗАДАНИЕ 1. Влияние сахарозы на морозоустойчивость растительных клеток

Ход работы. Вырезать из свежего (тургоресцентного) корнеплода красной свеклы пластинку толщиной около 5 мм, разделить ее на 3 брусочка размерами 5 x 5 x 30 мм. Поместить их в фарфоровую чашку и тщательно промыть водопроводной водой до полного удаления клеточного сока, вытекшего из поврежденных клеток. Перенести по одному брусочку в 3 пробирки с этикетками. В первую пробирку налить на ¼ воды, во вторую – столько же 0,5 М раствора сахарозы, в третью – столько же 1 М раствора сахарозы. Приготовить охлаждающую смесь: к трем частям снега или толченого льда добавить одну часть поваренной соли (по объему), тщательно перемешать шпателем. Проверить температуру смеси, которая должна быть около -20° С. Погрузить все пробирки в охлаждающую смесь на 15-20 мин., после чего перенести пробирки в стакан с водой комнатной температуры.

После полного оттаивания отметить окраску жидкости в пробирках и окраску брусочков из корнеплода свеклы. Проверить жизнеспособность клеток, для чего приготовить из брусочков тонкие срезы, поместить их на предметные стекла в капли 8 %-ного (гипертонического) раствора NaCl и закрыть покровными стеклами. Через 20 мин. рассмотреть в микроскоп и подсчитать процент плазмолизированных клеток в поле зрения. **Результаты** записать в таблицу 19.

Таблица 19

Влияние сахарозы на устойчивость клеток корнеплода свеклы к воздействию отрицательных температур

Вариант опыта	Окраска наружного раствора	Окраска брусочков	Количество плазмолизированных клеток, %
Вода			
Сахароза 0,5 М			
Сахароза 1 М			

В **обсуждении результатов** объяснить различия между вариантами опыта, отметив механизм защитного влияния сахарозы на клетки при влиянии отрицательных температур. Сделать **вывод** о значении сахарозы как криопротектора.

Тема 16: «ЖАРОСТОЙКОСТЬ РАСТЕНИЙ»

Цель: изучить способность комнатных растений переносить повышенные температуры.

ЗАДАНИЕ 1. Определение жаростойкости растений
(по Ф.Ф. Мацкову)

Ход работы. Нагреть водяную баню до 40° С, погрузить в нее по 5 листьев исследуемого комнатного растения и выдержать листья в воде в течение 30 мин., поддерживая температуру на уровне 40° С. Затем взять первую пробу: вынуть один лист и поместить его в чашку Петри с холодной водой (чашка должна иметь этикетку). Поднять температуру в водяной бане до 50° С, через 10 мин. после этого извлечь из бани еще один лист и перенести его в новую чашку с холодной водой. Постепенно довести температуру до 80° С, беря пробы через каждые 10 мин. при повышении температуры на 10°. Заменить воду в чашках 0,2 н раствором HCl и через 20 мин. учесть степень повреждения листа по количеству появившихся бурых пятен.

Результаты исследований занести в таблицу 20, обозначив отсутствие побурения знаком «-», слабое побурение – «+», побурение более 50 % площади листа – «++», сплошное побурение – «+++».

Таблица 20

Влияние повышенных температур на степень повреждения листьев

Растение	Степень повреждения листьев при t°, С				
	40	50	60	70	80

В **обсуждении результатов** сравнить степень повреждения тканей листа при разных температурах, указать механизмы повреждающего воздействия высоких температур.

Сделать **вывод** о степени жаростойкости исследованного растения.

ЗАДАНИЕ 2. Определение температурного порога коагуляции цитоплазмы (по П.А. Генкелю)

Ход работы. Приготовить 12 срезов эпидермы листа исследуемого комнатного растения и поместить по два среза в пробирки, в которые налито по 2 мл водопроводной воды. Приготовить в шести химических стаканах водяные бани с температурой 48, 50, 52, 54, 56 и 58° С (стаканы снабдить этикетками). Одновременно погрузить в водяные бани пробирки со срезами, поддерживая установленную температуру путем осторожного подливания в стаканы горячей воды. Через 10 мин. извлечь срезы кисточкой из пробирок и перенести на предметные стекла. Окрасить срезы 0,02%-ным раствором нейтрального красного в течение 5 мин. Затем убрать остатки раствора красителя с помощью фильтровальной бумаги, нанести на срезы по капле 1 М раствора сахарозы, закрыть покровным стеклом и через 10 мин. рассмотреть в микроскоп.

Занести **результаты** в таблицу 21, обозначив плазмолиз знаком «+» и знаком «-» отсутствие плазмолиза у большинства клеток.

В **обсуждении результатов** сравнить степень плазмолиза клеток эпидермы при разных температурах. Объяснить причины гибели клеток под влиянием высоких температур.

Таблица 21

Влияние повышенных температур на плазмолиз клеток эпидермы

Расте-ние	Плазмолиз при t°, С					
	48	50	52	54	56	58

Сделать **вывод** о величине температурного порога коагуляции белков цитоплазмы клеток эпидермы исследуемого растения.

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа заключается в подготовке к лабораторным занятиям по вопросам для изучения, выполнению лабораторной работы, фиксации результатов и их обсуждение; в подготовке к индивидуальным тестовым проверочным заданиям по изученным темам (выполняются после изучения темы).

Вопросы для изучения к лабораторным занятиям

Раздел 1. Физиология растительной клетки Тема 1: «ПЛАЗМОЛИЗ И ДЕПЛАЗМОЛИЗ»

1. Тургорное состояние растительной клетки.
2. Условия для протекания плазмолиза.
3. Физиологический механизм процесса плазмолиза.
4. Условия для деплазмолиза растительной клетки.

Тема 2: «ОСМОТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ КЛЕТОЧНОГО СОКА»

1. Понятие осмотического давления клеточного сока.
2. Роль осмотического давления в поступлении воды в растительную клетку.
3. Сосущая сила и ее значение в поступлении воды в растительную клетку.
4. Значение тургорного давления в осмотических процессах.
5. Взаимосвязь сосущей силы, осмотического и тургорного давления.

Тема 3: «СВОЙСТВА ЖИВОЙ И МЕРТВОЙ ЦИТОПЛАЗМЫ»

1. Строение, свойства и биологические функции мембран в клетке.
2. Пассивный транспорт веществ через мембрану.
3. Активный транспорт веществ через мембрану.
4. Симпорт, антипорт, котранспорт; их физиологическая роль в растительной клетке.

Раздел 2. Водный режим и минеральное питание растений

Тема 4: «ПОСТУПЛЕНИЕ И ПЕРЕДВИЖЕНИЕ ВОДЫ ПО РАСТЕНИЮ»

1. Механизмы поступления воды из почвы в корень (ризодерму).
2. Радиальный транспорт водного раствора в корне.
3. Физиологические механизмы вертикального транспорта водного раствора в корне. Корневое давление.
4. Физиологические механизмы вертикального транспорта водного раствора по стеблю.

Тема 5: «ТРАНСПИРАЦИЯ»

1. Транспирация как физиологический процесс. Роль транспирации в жизнедеятельности растений.
2. Виды транспирации, их вклад в транспорт водного раствора по побегам.
3. Типы устьичных движений, их значение и условия, в которых они происходят.
4. Физиологический механизм гидроактивных устьичных движений.

Тема 6: «ОБЪЕМ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ. ОБЩАЯ И РАБОЧАЯ ПОВЕРХНОСТЬ КОРНЕЙ»

1. Физиологическая роль корня и корневых систем в жизни растительного организма.
2. Роль объема корневой системы в поглотительной функции.
3. Общая поверхность корня и ее вклад в поглощение веществ.
4. Рабочая поверхность корня и ее вклад в поглощение веществ.

Тема 7: «МИКРОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗОЛЫ РАСТЕНИЙ»

1. Понятие о макро- и микроэлементах минерального питания.
2. Физиологическая роль азота в жизни растений.
3. Физиологическая роль калия в жизни растений.
4. Физиологическая роль фосфора в жизни растений.
5. Физиологическая роль кальция в жизни растений.
6. Физиологическая роль микроэлементов (бора, марганца, молибдена, цинка) в жизни растений.

Раздел 3. Фотосинтез

Тема 8: «ФИЗИЧКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПИГМЕНТОВ ФОТОСИНТЕЗА»

1. Состав и строение хлорофиллов, их физиологическая роль в фотосинтезе.
2. Физические и химические свойства хлорофиллов.
3. Состав и строение каротиноидов, их физиологическая роль в фотосинтезе.
4. Физические и химические свойства каротиноидов.

Тема 9: «КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПИГМЕНТОВ»

1. Значение световой фазы фотосинтеза, роль фотосинтетических пигментов.
2. Фотосистемы, их строение и локализация.
3. Фотофизический этап световой фазы фотосинтеза.
4. Фотохимический этап световой фазы фотосинтеза (циклическое фотофосфорилирование).
5. Фотохимический этап световой фазы фотосинтеза (нециклическое фотофосфорилирование).

Тема 10: «ИНТЕНСИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА»

1. Темновая фаза фотосинтеза (цикл Кальвина): этап карбоксилирования РДФ.
2. Темновая фаза фотосинтеза (цикл Кальвина): этап восстановления.
3. Темновая фаза фотосинтеза (цикл Кальвина): этап регенерации РДФ.
4. Продукты фотосинтеза, их разнообразие и использование растением.

Раздел 4. Дыхание

Тема 11: «ИНТЕНСИВНОСТЬ ДЫХАНИЯ»

1. Физиологическая роль дыхания в жизнедеятельности растений.
2. Гликолитический путь дыхания: анаэробная фаза.
3. Гликолитический путь дыхания: аэробная фаза (цикл Кребса).
4. Гликолитический путь дыхания: аэробная фаза (окислительное фосфорилирование).

Раздел 5. Рост и развитие растений

Тема 12: «ОСОБЕННОСТИ РОСТА КЛЕТОК КОРНЯ»

1. Эмбриональная фаза (фаза деления) роста и развития клеток.
2. Фаза роста клеток путем растяжения.
3. Фаза окончательной дифференцировки растительных клеток.
4. Особенности роста корня в длину и толщину.

Тема 13: «ВЛИЯНИЕ ФИТОГОРМОНОВ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН»

1. Фитогормоны как регуляторы роста и морфогенеза растений.
2. Физиологическая роль ауксинов.
3. Физиологическая роль цитокининов.
4. Физиологическая роль гиббереллинов.
5. Физиологическая роль АБК и этилена.

Тема 14: «РОСТОВЫЕ ДВИЖЕНИЯ РАСТЕНИЙ»

1. Особенности и типы тропизмов.

2. Физиологические механизмы тропических изгибов органов растений.
3. Особенности и типы настий.
4. Физиологические механизмы настических движений органов растений.
5. Роль движений в жизни растений.

Раздел 6. Устойчивость растений

Тема 15: «МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ»

1. Повреждающее влияние морозов на растения.
2. Физиологические механизмы морозоустойчивости.
3. Закаливание растений к отрицательным температурам.

Тема 16: «ЖАРОСТОЙКОСТЬ РАСТЕНИЙ»

1. Повреждающее влияние жары на растения.
2. Физиологические механизмы жаростойкости растений.
3. Повреждающее влияние засухи на растения.
4. Физиологические механизмы засухоустойчивости растений.

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы

Для выполнения самостоятельной работы необходимо пользоваться учебной литературой, которая предложена в списке рекомендуемой литературы, конспектами лекций, интернет-ресурсами и другими источниками по усмотрению студента.

После изучения темы для закрепления и систематизации знаний студенты должны ответить на контрольные вопросы. Ответы на вопросы могут быть выполнены либо устно, либо письменно, в зависимости от формы контроля.

Вопросы для самостоятельного изучения

Занятия 1, 2, 3

1. Особенности строения растительной клетки.
2. Клеточная стенка: состав, строение, физиологические функции.
3. Первичная и вторичная клеточная стенка.
4. Особенности осмотического поступления воды в растительную клетку.
5. Клетка как сложная осмотическая система.
6. Характеристика осмотических свойств клетки с точки зрения законов термодинамики.
7. Транспорт веществ через клеточную стенку.
8. Роль полупроницаемости плазмалеммы в поступлении веществ в клетку.

Занятия 4, 5, 6, 7

1. Роль воды в жизни растительной клетки и целостного растительного организма.
2. Значение оводненности органов и частей растения для поддержания гидратуры и проявления декоративных свойств растений.
3. Осмотические принципы движения водного раствора по растению.
4. Роль водного потенциала клеток и частей ксилемы в транспорте водного раствора по растению.
5. Транспирация как «неизбежное зло» для растительного организма.
6. Особенности водного режима растений разных экологических групп по отношению к воде (ксерофитов, мезофитов, гигрофитов, гидрофитов).
7. Роль азота в формировании и проявлении декоративных свойств и качеств растений.
8. Роль калия в формировании и проявлении декоративных свойств и качеств растений.
9. Роль фосфора в формировании и проявлении декоративных свойств и качеств растений.
10. Роль кальция в формировании и проявлении декоративных свойств и качеств растений.

11. Роль микроэлементов в формировании и проявлении декоративных свойств и качеств растений.

Занятия 8, 9, 10

1. Роль фотосинтеза в жизни растений.
2. Значение фотосинтеза в формировании качественной и устойчивой среды селитебных территорий.
3. Физиологическая роль поглощения света фотосинтетическими пигментами.
4. Участие фотосинтетических пигментов в формировании цвета листовых пластинок и их декоративных качеств (роль хлорофиллов а, хлорофиллов b, каротинов, ксантофилов).
5. Световая фаза фотосинтеза.
6. Характеристика темновой фазы фотосинтеза по типу цикла Кальвина (C₃-пути темновой фиксации CO₂).
7. Характеристика темновой фазы фотосинтеза по типу цикла Хэтча – Слэка – Карпилова (C₄-пути темновой фиксации CO₂).
8. Характеристика темновой фазы фотосинтеза у суккулентов (САМ-метаболизм).

Занятия 11, 12, 13, 14

1. Особенности роста растительных клеток.
2. Рост как интегральная функция растительного организма.
3. Взаимосвязь роста и развития в онтогенезе растительного организма.
4. Фитогормоны как координаторы и регуляторы процессов жизнедеятельности и формирования внешнего облика растений.
5. Вклад роста в формировании декоративных качеств растений.
6. Физиологические закономерности управления процессами роста растений и их органов в развитии декоративных качеств растений.
7. Вклад развития в формировании декоративных качеств растений.
8. Физиологические закономерности управления процессами развития растений и их органов в развитии декоративных качеств растений.
9. Цветение как физиологический процесс.
10. Роль цветения в формировании декоративных качеств растений.
11. Управление процессами цветения.
12. Физиологические механизмы цветения растений.
13. Влияние продолжительности светового дня на рост и развитие растений.
14. Яровизация как физиологический процесс.

Занятия 15, 16

1. Повреждающее влияние морозов на физиологические процессы, морфологические особенности и декоративные качества растений.
2. Физиологические механизмы защиты растений от влияния отрицательных температур.
3. Повреждающее влияние низких положительных температур на физиологические процессы и декоративные качества растений.
4. Физиологические механизмы холодостойкости.
5. Повреждающее влияние жары на физиологические процессы, морфологические особенности и декоративные качества растений.
6. Физиологические механизмы защиты растений от влияния высоких температур.
7. Повреждающее влияние засухи на физиологические процессы, морфологические особенности и декоративные качества растений.
8. Физиологические механизмы защиты растений от влияния засухи.

6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины

6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

1. Вопросы подготовке к лабораторным работами вопросы для самостоятельного изучения приведены в разделе «Виды образовательной деятельности».

Критерии оценивания:

«Отлично» - студент демонстрирует глубокие знания по вопросу, ответ логичный, последовательный, четкий, содержит дополнительные сведения из литературных источников. Студент иллюстрирует ответ примерами. В ответе нет биологических ошибок, допускаются 2-3 неточности.

«Хорошо» - студент показывает достаточно высокие знания по вопросу, отвечает логично и последовательно, ответ снабжен примерами. Студент допустил 2 негрубые или 1 грубую биологическую ошибку, в ответе допускаются 2-4 неточности.

«Удовлетворительно» - студент показывает недостаточные знания по вопросу, отвечает нелогично и непоследовательно, затрудняется приводить примеры. Студент допустил более 4 негрубых или 3 грубых биологических ошибки, в ответе есть многочисленные неточности.

«Неудовлетворительно» - студент не ориентируется в вопросе, не знает ответа. Допускаются многочисленные неточности и ошибки.

Типовые проверочные задания

1. Тестирование

Примеры тестов с выбором одного правильного ответа

Раздел 2. Водный режим и минеральное питание растений

1. В осмотических процессах клетки участвуют:

1) эндоплазматическая сеть; 2) вакуоль; 3) ядро; 4) аппарат Гольджи.

2. В состоянии тургора величина водного потенциала в клетках растений:

1) меньше нуля; 2) больше нуля; 3) максимальна; 4) минимальна.

3. В состоянии плазмолиза величина водного потенциала в клетках растений:

1) меньше нуля; 2) больше нуля; 3) равна нулю; 4) максимальна.

4. Свойство, характерное для фермента АТФ-аза:

- 1) обратимо изменяет конфигурацию без затраты энергии;
- 2) катализирует синтез АТФ;
- 3) катализирует гидролиз АТФ;
- 4) неспецифична по отношению к транспортируемому иону.

5. С участием протонной помпы в симпорте могут переноситься через мембрану группы ионов:

1) K^+ и Na^+ ; 2) K^+ и SO_4^{2-} ; 3) H^+ и Na^+ ; 4) H^+ и SO_4^{2-} .

6. Поступление воды в клетки корня обеспечивает:

1) диффузия; 2) массовый поток; 3) осмос; 4) градиент водного потенциала.

7. Радиальный транспорт воды в корне происходит по пути:

- 1) экзодерма – мезодерма – эндодерма – перицикл – ксилема;
- 2) ризодерма – эндодерма – мезодерма – перицикл – ксилема;
- 3) ризодерма – мезодерма – эндодерма – перицикл – ксилема;
- 4) ризодерма – мезодерма – перицикл – эндодерма – ксилема.

8. Наличие корневого давления подтверждают:

- 1) транспирация; 2) завядание растений;
- 3) гуттация; 4) когезия и адгезия молекул воды.

9. Гуттация возникает при наличии следующих условий:

- 1) высокой влажности воздуха и почвы; 2) низкой влажности воздуха и почвы;
- 3) низкой температуре и влажности воздуха; 4) низкой температуре и влажности почвы.

10. Плач растений обусловлен процессом:

- 1) транспирацией; 2) когезией и адгезией молекул воды;
3) корневого давления; 4) метаболизма побега.

11. Передвижение воды по ксилеме надземного побега обеспечивает процесс:

- 1) транспирации; 2) корневого давления; 3) фотосинтеза; 4) газообмена.

12. Экологический фактор, усиливающий транспирацию:

- 1) безветренная погода; 2) низкая температура воздуха;
3) низкая температура почвы; 4) наличие ветра.

13. Наибольшей засухоустойчивостью обладают растения экологической группы:

- 1) мезофиты; 2) гигрофиты; 3) ксерофиты; 4) гидрофиты.

14. Для временногoзавядания растений характерно:

- 1) остаточный водный дефицит; 2) остаточный водный дефицит не наблюдается;
3) гибель растения; 4) остановка роста растения.

15. Корень не выполняет функцию:

- 1) поглотительную; 2) проводящую; 3) синтетическую; 4) транспирационную.

16. Фосфор входит в состав:

- 1) белков; 2) АТФ; 3) хлорофиллов; 4) моносахаридов.

17. Сера входит в состав:

- 1) белков; 2) АТФ; 3) хлорофиллов; 4) нуклеотидов.

18. Форма азота, усваиваемая высшими растениями из почвы:

- 1) N_2 ; 2) NH_4^+ ; 3) аминокислоты; 4) нуклеиновые кислоты.

19. К микроэлементам не относят:

- 1) медь; 2) молибден; 3) марганец; 4) магний.

20. К макроэлементам не относят:

- 1) бор; 2) серу; 3) азот; 4) фосфор.

21. Поступление ионов минеральных солей в клетки ризодермы корня тормозится:

- 1) повышением аэрации почвы; 2) повышением плотности почвы;
3) повышением активности ризосферных микроорганизмов;
4) повышением освещенности.

22. Ферменты нитратредуктазы и нитритредуктазы катализируют процесс:

- 1) восстановление нитратов; 2) восстановительное аминирование;
3) трансаминирование; 4) распад белков.

23. Усиление восстановления нитратов в листьях происходит:

- 1) при снижении освещенности; 2) при повышении освещенности;
3) на рассеянном свете; 4) в темноте.

24. Для флоэмного транспорта веществ характерно:

- 1) происходит с затратой энергии; 2) происходит без затраты энергии;
3) перемещение минеральных веществ;
4) происходит по клеткам, лишенным протопласта.

25. Более высокая интенсивность дыхания наблюдается в следующих клетках флоэмы:

- 1) ситовидных клетках; 2) клетках-спутницах;
3) лубяных волокнах; 4) паренхимных элементах.

Критерии выставления оценки за тест

Процент правильно выполненных тестовых заданий	Оценка
86% – 100%	отлично
69% - 84%	хорошо
50% - 68%	удовлетворительно
Менее 50%	неудовлетворительно

2. Ситуационные задачи

Физиология растительной клетки

1. Известно, что через клеточные мембраны проникают как вода, так и многие растворенные вещества. Почему, тем не менее, можно говорить о полупроницаемости мембран, хотя и не идеальной?
2. Набухшие семена фасоли очистили от кожуры и погрузили на 1 ч в 0,1%-ный раствор индигокармина. У 40% семян корешки окрасились в синий цвет. Какой вывод можно сделать относительно всхожести семян?
3. После выдерживания в течение 10 мин. среза растительной ткани в 0,02%-ном растворе нейтрального красного вакуоли окрасились в малиновый цвет, а клеточные стенки и цитоплазма остались бесцветными. Как объяснить накопление красителя в клеточном соке?
4. У какого раствора больше осмотическое давление: у 5%-ного сахарозы ($C_{12}H_{22}O_{11}$) или 5%-ной глюкозы ($C_6H_{12}O_6$)? Объясните.
5. Молярные растворы KCl и $CaCl_2$ разделены полупроницаемой перепонкой. В сторону какого раствора будет передвигаться вода?
6. Какие особенности клетки придают ей свойства осмотической системы? Чем отличается растительная клетка от осмометра?
7. Можно ли отнять воду от клетки после достижения ею состояния полного завядания, то есть полной потери тургора?
8. Что занимает пространство между клеточной стенкой и протопластом в плазмолизированной клетке?
9. Два кусочка одной и той же ткани выдерживались: первый – в растворе калийной соли, второй – в растворе кальциевой соли. Затем оба кусочка перенесли в крепкий раствор сахарозы. По истечении равного времени в клетках, выдержанных в растворе калийной соли, был выявлен выпуклый плазмолиз, а в клетках, выдержанных в растворе кальциевой соли – вогнутый плазмолиз. Объясните полученные результаты.
10. Из живых листьев дуба не удастся отжать клеточный сок, подвергая клетки давлению от 10 до 12 МПа, а листья, убитые кипячением, отдают клеточный сок при давлении 1,0-1,5 МПа. Объясните эти различия.
11. Кусочки растительной ткани погружены в растворы 1М сахарозы и 1М хлорида натрия. В каком из названных растворов будет наблюдаться более сильный плазмолиз?
12. Сосущая сила клетки равна 0,5МПа. Чему равно тургорное давление этой клетки, имеющей осмотическое давление 1,2МПа?
13. Клетка полностью насыщена водой. Осмотическое давление клеточного сока равняется 0,8 МПа. Чему равны сосущая сила и тургорное давление этой клетки?
14. Найти сосущую силу клеток, если известно, что в растворах с осмотическим давлением 0,3 и 0,5МПа размеры клеток увеличились, а в растворе, осмотическое давление которого 0,7МПа, уменьшились.
15. Две живые клетки соприкасаются друг с другом. Куда будет передвигаться вода, если у первой клетки осмотическое давление клеточного сока равно 1,1 МПа, тургорное давление -0,4МПа, а у второй клетки соответствующие показатели равны 1,5 и 1,2МПа?
16. Лабильная структура мембран позволяет выполнять им различные функции. Перечислите основные функции биологических мембран и приведите доказательства.
17. В каких процессах принимают участие пероксисомы и глиоксисомы в клетках растений?

Критерии оценивания решения ситуационных задач

Показатели по уровням	оценка
Студент решает задачу самостоятельно, теоретически обосновывает свое решение, задача решена на 95-100%	отлично
Студент решает задачу самостоятельно, возникают некоторые проблемы с теоретическим обоснованием решения, задача решена на 80-94%	хорошо
Студенту при решении задачи требуется помощь, возникают проблемы с теоретическим обоснованием решения, задача решена на 60-79%	удовлетворительно
Студент не может самостоятельно решить задачу, не может теоретически обосновать решение, задача решена менее чем на 60%	неудовлетворительно

6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Принципы организации растительной клетки. Основные особенности строения и жизнедеятельности клетки растений.
2. Пластиды высших растений: связь строения с выполняемыми функциями. Онтогенез хлоропластов.
3. Митохондрии растительной клетки: связь строения с выполняемыми функциями.
4. Особенности обмена веществ, энергии и информации растительной клетки.
5. Роль клеточной стенки. Взаимосвязь строения с выполняемыми функциями.
6. Поступление воды в растительную клетку. Клетка как осмотическая система с точки зрения газовых законов.
7. Поступление воды в растительную клетку. Клетка как осмотическая система с точки зрения термодинамики.
8. Поступление ионов и малых молекул в растительную клетку. Пассивный перенос: механизмы, значение для клетки.
9. Поступление ионов и малых молекул в растительную клетку. Активный транспорт: механизмы, значение для клетки. Принцип функционирования протонных помп как разновидности ионных насосов.
10. Роль почвы как источника воды и минеральных веществ для растения.
11. Механизмы поступления воды и ионов в ризодерму корня.
12. Радиальный транспорт поглощенного водного раствора по первичной коре корня. Механизмы процесса.
13. Вертикальный транспорт водного раствора по корню. Корневое давление и его роль в жизни растения.
14. Вертикальный транспорт водного раствора по ксилеме побегов. Механизмы процесса.
15. Транспирация как физиологический процесс: виды транспирации, ее роль в жизнедеятельности растительного организма.
16. Понятие об элементах минерального питания растений, их общая роль. Макро- и микроэлементы.
17. Роль азота в жизни растений.
18. Поступление неорганических азотсодержащих веществ в растения. Восстановление нитратов до аммиака.
19. Конструктивная ветвь азотистого обмена: синтез аминокислот и белков.
20. Деструктивная ветвь азотистого обмена: разрушение белков и аминокислот.

21. Проблема накопления нитратов в растениях. Значение этого процесса для растений и для человека как потребителя продуктов питания растительного происхождения.
22. Физиологическая роль серы в жизни растений. Признаки голодания растений.
23. Физиологическая роль фосфора в жизни растений. Признаки голодания растений.
24. Физиологическая роль калия в жизни растений. Признаки голодания растений.
25. Физиологическая роль кальция в жизни растений. Признаки голодания растений.
26. Физиологическая роль магния в жизни растений. Признаки голодания растений.
27. Физиологическая роль железа в жизни растений. Признаки голодания растений.
28. Физиологическая роль марганца, меди, цинка в жизни растений. Признаки голодания растений.
29. Физиологическая роль бора, хлора, брома в жизни растений. Признаки голодания растений.
30. Пигменты хлоропластов: их состав, строение, свойства. Обусловленность физиологической роли пигментов их строением и свойствами. Понятие о фотосистемах.
31. Роль света для фотосинтеза. Энергетика процесса. Особенности фотофизического этапа световой фазы.
32. Фотохимический этап световой фазы. Циклическое фотофосфорилирование: особенности функционирования, основные продукты и энергетический выход.
33. Фотохимический этап световой фазы. Нециклическое фотофосфорилирование: взаимодействие двух фотосистем, фотолиз воды, продукты и энергетический выход.
34. Темновая фаза фотосинтеза. Цикл Кальвина (C3-путь темновой фиксации углекислого газа).
35. Темновая фаза фотосинтеза. Цикл Хетча-Слэка-Карпилова (C4-путь темновой фиксации углекислого газа). Темновая фаза фотосинтеза. САМ-метаболизм, его адаптационное значение.
36. Дыхание: физиологическая сущность многообразие путей и его значение для адаптационных процессов. Роль дыхания в жизни растений.
37. Рост и развитие растительного организма, их критерии.
38. Рост клетки как основа роста целостного растения.
39. Процессы дифференциации клеток и тканей. Тотипотентность клеток.
40. Культура изолированных тканей: фундаментальное и прикладное значение метода.
41. Особенности роста растительного организма. Прорастание семян.
42. Особенности роста органов растений: побега, корня.
43. Фитогормоны как регуляторы роста и развития растений. Ауксины, цитокинины, гиббереллины.
44. Фитогормоны как регуляторы роста и развития растений. Абсцизовая кислота и этилен.
45. Движения растений, их физиологическая природа, типы движений.
46. Гормональная концепция цветения М.Х. Чайлахяна.
47. Фотопериодизм, его роль в жизни растений.
48. Яровизация, ее физиологические механизмы.
49. Холодостойкость, морозоустойчивость, зимостойкость, их физиологические механизмы, адаптивная роль.
50. Жаростойкость растений.
51. Засухоустойчивость растений.
52. Интеграция физиологических процессов и ее связь с продуктивностью.

Критерии оценивания:

Оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее и глубокое знание материала, предусмотренного программой, в срок и на высоком уровне выполнивший лабораторные работы, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой,

рекомендованной программой, знающий основные закономерности фотосинтеза, дыхания, минерального питания, водного обмена, роста и развития, устойчивости растений; свободно ориентирующийся в процессах жизнедеятельности и их взаимосвязи в растительно организме. Ответы на вопросы должны быть логически стройными, исчерпывающими и завершаться краткими выводами, а программный материал – творчески осмысленным.

Оценка "хорошо" ставится студенту, обнаружившему полное знание учебного материала, предусмотренного программой, успешно выполнившему лабораторные работы, усвоившему основную литературу, рекомендованную по программе, знающему основные производственные процессы и взаимосвязи между отраслями.

Оценки "удовлетворительно" заслуживает студент, правильно, но не твердо знающий основной материал, предусмотренный программой, освоивший выполнение лабораторных работ, не знающий специфики основных технологий и производств. Ответ базируется только на лекционном материале и учебнике, работа с лабораторным материалом осуществляется с трудом и с некоторыми ошибками.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется студенту, в значительной степени не усвоившему материал, предусмотренный программой, не владеющему навыками лабораторной работы.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

7.1. Список основной литературы

1. *Кузнецов, В. В.* Физиология растений в 2 т. Том 1: учебник для вузов / В. В. Кузнецов, Г. А. Дмитриева. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 437 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01711-3. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/449919>
2. *Кузнецов, В. В.* Физиология растений в 2 т. Том 2: учебник для вузов / В. В. Кузнецов, Г. А. Дмитриева. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 459 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01713-7. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451478>
3. *Панфилова, О. Ф.* Физиология растений с основами микробиологии: учебник и практикум для среднего профессионального образования / О. Ф. Панфилова, Н. В. Пильщикова. — 2-е изд., испр. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 185 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10601-5. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/455967>

7.2. Список дополнительной литературы

1. Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Большой практикум по фотосинтезу. – М.: Academia, 2003.
2. Гавриленко В.Ф., Гусев М.В., Никитина К.А., Хоффман П. Главы физиологии растений. – М.: изд-во МГУ, 1996.
3. Геннис Р. Биомембраны. Молекулярная структура и функции. – М.: Мир, 1997.
4. Головкин Т.К. Дыхание растений. Физиологические аспекты. – СПб.: Наука, 1999.
5. Кузнецов, В.В. Физиология растений: учебник для студентов вузов / Вл.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева.-2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2006.
6. Практикум по физиологии растений / Под ред. В.Б. Иванова. – М.: изд. центр «Академия», 2001.
7. Рубин Б.А., Гавриленко В.Ф. Биохимия и физиология фотосинтеза. – М.: изд-во МГУ, 1997.
8. Полевой В.В. Физиология растений. – М.: Высшая школа, 1989.
9. Тарчевский И.А. Сигнальные системы клеток растений. – М.: Наука, 2002.

10. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Под ред. Н.Н. Третьякова. – М.: Колос, 1998.
11. Физиология растений / Под ред. И.П. Ермакова. – М.: Academia, 2006.
12. Юсуфов, А.Г. Лекции по эволюционной физиологии растений: учебное пособие для студентов вузов по направ. 020200 «Биология»/ А.Г. Юсуфов.-3-е изд., перераб и доп. – М.: Высшая школа, 2009.
13. Якушкина Н.И., Бахтенко Е.Ю. Физиология растений. – М.: ВЛАДОС, 2005.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <http://fizrast.ru/>
2. http://bio.sfu-kras.ru/files/1839_Konspekt_lekcii_Fiziologiya_rastenii.pdf
3. Научная электронная библиотека: <http://txt.elibrary.ru/>
4. Научная библиотека Санкт-Петербургского государственного университета: <http://www.lib.spbpu.ru/>

8. Материально-техническое обеспечение

Учебные аудитории для проведения учебных занятий - корпус № 1, ауд. 61: ноутбук HP 530 CM-530, проектор Vivitek Д557W, экран настенный ProScreen; ауд. 34.

Помещение для самостоятельной работы - уч. корпус № 1, ауд. 26: учебная мебель (30 посадочных мест), компьютерный класс с выходом в сеть Интернет (17 компьютеров), принтер HP Deskjet 1280, сканер EPSONGT1500 A3.

9. Программное обеспечение

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.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

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