

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Артеменков Михаил Николаевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 06.10.2026 17:35:49
Уникальный программный ключ:
a63b74166e8f4fc17bd1e0462725f79e393bdfd9

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
«21» июня 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины
Б1.В.02 Физиология растений**

Направление подготовки: **44.03.05 Педагогическое образование**

Направленность: **География, Биология**

Курс – 3

Семестр – 5; 6

Форма обучения: очная

Всего зачетных единиц – 5 з.е., 180 час.

Форма отчетности: зачет – 5 семестр; экзамен – 6 семестр

Программу разработал

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

Одобрена на заседании кафедры

«14» июня 2023 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой

Андрееenkova И.В.

Смоленск
2023

1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина Б1.В.02 «Физиология растений» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений по направлению подготовки 44.03.05. Педагогическое образование (профиль: География. Биология). Для освоения дисциплины Б1.В.02 «Физиология растений» студент должен обладать базовыми знаниями, умениями и навыками, полученными в результате изучения дисциплины «Анатомия и морфология растений», «Систематика растений» также учебной практики «Ботаника».

Поскольку для понимания механизмов, роли и взаимосвязи физиологических процессов в растительном организме необходимы знания в области гистологии, анатомии, морфологии, биологического разнообразия растений, умения в области приготовления и анализа микропрепаратов тканей растений, навыки микроскопирования и морфологического описания растений разных видов. Для освоения физиологии растений необходимы знания и умения в области химии, поскольку основу физиологических процессов составляют взаимосвязанные между собой биохимические процессы, а целостный растительный организм представляет собой открытую, устойчивую термодинамическую систему, функционирующую на принципах обратной связи. В свою очередь, физиология растений служит фундаментальной, теоретической базой для изучения последующих дисциплин: цитология, молекулярная биология, микробиология, биохимия.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения (в соответствии с разделом 7 общей характеристики ОП ВО)
ПК-5. Способен использовать научные знания и применять современные методы обработки, анализа и синтеза полевой, производственной и лабораторной биологической информации в процессе формирования предметной компетенции обучающихся в рамках реализации основной общеобразовательной программы	Знать: физиологию, особенности онтогенеза; биологические, молекулярно-генетические, клеточные и цитологические механизмы наследственности и изменчивости; научные представления о систематических группах растений; основные биологические, технологические и экологические особенности производства сельскохозяйственной продукции; общую характеристику основных сельскохозяйственных растений, их биологические особенности и экологические требования. Уметь: анализировать биоматериал в лабораторных условиях; работать с микроскопом; анализировать и сопоставлять между собой факты и их теоретические интерпретации; выявлять причинно-следственные связи между явлениями; свободно оперировать основными понятиями и категориями; применять естественнонаучные знания в учебной и профессиональной деятельности; планировать и проводить биологические эксперименты, а также анализировать и интерпретировать их данные. Владеть: методами отбора и анализа биологических проб; методикой исследования биологических объектов; методами световой микроскопии; навыками проведения биологических исследований в лабораторных условиях; навыками анализа и обобщения информации; базовые знания в области биологических наук и применения их методов в различных видах профессиональной деятельности.

3. Содержание дисциплины

Основными формами обучения в ходе изучения дисциплины являются лекции (40 часов), лабораторные занятия (56 часов), самостоятельная работа студентов (93 часа).

Раздел 1. Физиология растительной клетки.

Раздел 2. Минеральное питание и водный режим растений.

Раздел 3. Дыхание растений.

Раздел 4. Фотосинтез.

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	5			2	3
3.	Физико-химические свойства цитоплазмы растительной клетки	5			2	3
4.	Поступление воды в растительную клетку	3	2			1
5.	Сосущая сила клеток	5			2	3
6.	Осмотическое давление клеток растений	5			2	3
7.	Поступление ионов в растительную клетку	3	2			1
8.	Свойства живой и мертвой цитоплазмы	5			2	3
9.	Поступление веществ в растительную клетку	5			2	3
Раздел 2. Водный режим и минеральное питание						
10.	Водный режим растений	3	2			1
11.	Поступление и передвижение воды по растению	5			2	3
12.	Поступление воды в прорастающие семена	5			2	3
13.	Транспирация	5			2	3
14.	Минеральное питание растений	3	2			1
15.	Объем корневой системы. Общая и рабочая поверхность корней	5			2	3
16.	Микрохимический анализ золы растений	5			2	3
17.	Обнаружение нитратов	5			2	3
Раздел 3. Дыхание растений						
18.	Гликолитический путь	6	4			2

	дыхательного метаболизма					
19.	Обнаружение дыхания растений	6			2	4
20.	Интенсивность дыхания	6			2	4
21.	Определение дыхательного коэффициента	6			2	4
22.	Пентозофосфатный путь дыхания	3	2			1
23.	Потеря сухого вещества при прорастании семян	6			2	4
Раздел 4. Фотосинтез						
24.	Пигменты фотосинтеза	3	2			1
25.	Физико-химические свойства пигментов фотосинтеза	4			2	2
26.	Световая фаза фотосинтеза	5	4			1
27.	Количественное определение пигментов	4			2	2
28.	Темновая фаза фотосинтеза	3	2			1
29.	Интенсивность фотосинтеза	4			2	2
Раздел 5. Рост и развитие						
30.	Клеточные основы роста	3	2			1
33.	Особенности роста клеток корня	3			2	1
34.	Фитогормоны	5	4			1
35.	Влияние фитогормонов на прорастание семян	4			2	2
36.	Морфогенез растений	3	2			1
37.	Особенности роста органов растений	4			2	2
38.	Ростовые движения	4			2	2
39.	Полярность растений и апикальное доминирование	4			2	2
40.	Регенерация черенков	4			2	2
41.	Развитие растений	3	2			1
Раздел 6. Устойчивость растений						
42.	Механизмы устойчивости растений	3	2			1
43.	Морозоустойчивость растений	4			2	2
44.	Холодостойкость и морозоустойчивость растений	3	2			1
45.	Жаростойкость растений	4			2	2
46.	Засухоустойчивость растений	3	2			1

47.	Изменение проницаемости цитоплазмы растительных клеток под влиянием высоких температур	4			2	2
	Подготовка к экзамену	27				27
ИТОГО		180	40		56	94

5. Виды учебной деятельности

Лекции

Раздел 1. Физиология растительной клетки

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.

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.

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

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.

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. Дыхание

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.

Пентозофосфатный путь дыхания

Пентозофосфатный путь дыхательного метаболизма, его локализация в клетке, химизм, энергетический выход и значение в пластическом обмене. Роль ЭТЦ в синтезе АТФ. Значение пентозофосфатного пути в растущих клетках. Влияние экологических факторов (содержания кислорода, углекислого газа, температуры, механических повреждений, осмотической) на процесс дыхания. Дыхательный коэффициент.

Раздел 4. Фотосинтез

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.

Световая фаза фотосинтеза

Световая фаза как сочетание фотофизических 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.

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 5. Рост и развитие растений

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.

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.

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 растениях. Периодичность роста.

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

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.

Холодостойкость и морозоустойчивость растений

Повреждающее влияние низких положительных температур на неадаптированные растения (молекулярные и клеточные процессы). Механизмы холодостойкости растений на молекулярном, клеточном, тканевом, организменном уровнях. Повреждающее влияние отрицательных температур на неадаптированные растения (молекулярные и клеточные процессы). Механизмы морозоустойчивости растений на молекулярном, клеточном, тканевом, организменном уровнях. Закаливание растений к морозам: фазы и физиологические механизмы.

Засухоустойчивость растений

Засуха и ее виды. Повреждающее влияние засухи на неадаптированные растения (молекулярные, клеточные, органнне и организменные процессы). Механизмы засухоустойчивости растений на молекулярном, клеточном, тканевом, организменном уровнях. Роль фитогормонов в формировании засухоустойчивости растений. Закаливание растений к засухе.

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

Цель: изучить условия, при которых происходят плазмолиз и деплазмолиз; выяснить 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: «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦИТОПЛАЗМЫ РАСТИТЕЛЬНЫХ КЛЕТОК»

Цель: изучить вязкость цитоплазмы и ее способность к движению; установить зависимость этих свойств от возраста растительной клетки и внешних воздействий; выяснить значение вязкости и движения цитоплазмы для жизнедеятельности клетки.

ЗАДАНИЕ 1. Определение вязкости цитоплазмы по времени плазмолиза

Ход работы. Приготовить препарат листа элодеи в 1 М растворе NaCl (2-3 листа из верхней части побега элодеи, погрузить в каплю 1 М раствора NaCl на предметном стекле, закрыть покровным стеклом). Приготовить препарат эпидермиса синего лука в 1 М растворе NaCl. Отметить время погружения исследуемых объектов в раствор плазмолитика. Определить время наступления плазмолиза, причем у листа элодеи следует наблюдать за клетками у основания (более молодые) и на верхушке (более старые).

Результаты эксперимента занести в таблицу 2.

Для составления **обсуждений результатов** эксперимента проанализировать данные табл. 2, ответить на вопросы. Что такое вязкость цитоплазмы? От каких внутренних и внешних факторов она зависит? Как связаны между собой скорость наступления плазмолиза и вязкость цитоплазмы? Каково значение вязкости цитоплазмы для клетки растения? В каком варианте опыта клетки имеют максимальную вязкость цитоплазмы, а в каком – минимальную? Дайте обоснованный ответ.

Таблица 2

Скорость наступления плазмолиза в разных тканях растений

Объект	Момент погружения препарата в 1 М раствор NaCl	Момент наступления плазмолиза	Время плазмолиза, мин.
Клетки у основания листа элодеи			
Клетки на верхушке листа элодеи			
Клетки эпидер. Лука			

Сделать **вывод** о величине вязкости цитоплазмы в тканях растений.

ЗАДАНИЕ 2. Влияние ионов калия и кальция на вязкость цитоплазмы

Ход работы. Ионы минеральных солей изменяют вязкость цитоплазмы, причем ионы одно- и двухвалентных металлов проявляют противоположное действие. Сахароза не влияет на это свойство цитоплазмы. На три предметные стекла нанести по капле растворов плазмолитиков: KNO_3 , $\text{Ca(NO}_3)_2$, сахарозы. Поместить в каждый раствор по одному срезу эпидермиса синего лука, закрыть покровным стеклом, отметить время погружения срезов. Рассмотреть препараты под микроскопом, отмечая время наступления фаз плазмолиза у большинства клеток.

Результаты эксперимента занести в таблицу 3.

Таблица 3

Зависимость скорости плазмолиза от свойств плазмолитика

Плазмолитик	Момент погружения в раствор	Момент наступления плазмолиза	
		Вогнутого	выпуклого
KNO_3			
$\text{Ca(NO}_3)_2$			
Сахароза			

Для **составления обсуждений** результатов эксперимента проанализировать данные табл. 3 и ответить на вопросы. В каком растворе плазмолиз происходит быстрее? С чем связана разная скорость наступления плазмолиза в трех изучаемых растворах плазмолитиков? Как влияют ионы калия на вязкость цитоплазмы? Ответ поясните. Как влияют ионы кальция на вязкость цитоплазмы? Ответ поясните.

Сделать **вывод** о влиянии ионов калия и кальция на вязкость цитоплазмы.

ЗАДАНИЕ 3. Движение цитоплазмы в клетках листа элодеи

Ход работы. Приготовить препарат листа элодеи, выдержанного на ярком свете, в капле воды. Рассмотреть препарат под микроскопом, установив в поле зрения клетки в области средней жилки, в которых содержится меньше хлоропластов, что облегчает наблюдение за их движением.

Результаты: установить тип движения цитоплазмы в клетках листа элодеи. Зарисовать 2-3 клетки, обозначить клеточную стенку, цитоплазму, пластиды, ядро, вакуоль, стрелками указать направление тока цитоплазмы.

В **обсуждении результатов** эксперимента отметить, что такое движение цитоплазмы, его причины, типы движений, влияние внутренних и внешних факторов на скорость движения цитоплазмы.

Сделать **вывод** о значении движения цитоплазмы для жизнедеятельности растительных клеток.

Тема4: «Сосущая сила клеток»

Цель: изучить взаимосвязь осмотических показателей клетки: сосущая сила, осмотическое давление, тургорное давление; выявить зависимость сосущей силы от степени насыщенности клетки водой и содержания осмотически активных веществ.

ЗАДАНИЕ 1. Определение сосущей силы клеток (по Уршпрунгу)

Ход работы. Приготовить по 20 мл растворов NaCl концентрации 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 и 1,0 моль/л, смешивая в чашках Петри соответствующие количества 1 М раствора NaCl и воды (составить таблицу разведения по образцу табл. 4). В одну чашку Петри налить 20 мл дистиллированной воды. Вырезать из клубня картофеля плоскую пластинку толщиной 3-4 мм, затем разрезать ее на 7 брусочков длиной 30-50 мм и шириной 5-10 мм. С помощью линейки точно измерить длину брусочков, погрузить по одному в приготовленные растворы NaCl и воду, следя за тем, чтобы погружение было полным. Готовить и измерять брусочки надо быстро, не допуская подвядания растительных тканей. Через 30 мин. брусочки извлечь из растворов, осушить фильтровальной бумагой, повторно измерить их длину. **Результаты** записать в таблицу 2.

Таблица 2

Изменение осмотических показателей клеток клубня картофеля в зависимости от концентрации наружного раствора

Концентрация NaCl, моль/л	0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Сосущая сила раствора, МПа							
Исходная длина брусочка, мм							
Длина брусочка в конце опыта, мм							
Разность длин, мм							
Тургор							

Во второй строке таблицы 2 записать сосущую силу растворов, которая численно равна их осмотическому давлению (вычислить по уравнению Вант-Гоффа). В последней строке отметить степень тургора тканей (сильный, средний, слабый) или его отсутствие. Для определения этого показателя разложить брусочки на край тарелки, так, чтобы они наполовину свисали с края.

В **обсуждении результатов** опытов объяснить причины изменения размеров брусочков после их пребывания в растворах разной концентрации NaCl или в воде.

Сделать **вывод** о влиянии внешнего раствора на поступление воды в растительную клетку.

ЗАДАНИЕ 2. Зависимость сосущей силы от степени насыщенности клеток водой

Ход работы. Заполните таблицу 3, в которую запишите рассчитанные осмотические показатели, характерные для клеток после пребывания в растворах (см. табл.2).

Таблица 3

Зависимость осмотических показателей клеток от степени их насыщенности водой

Длина брусочка l, мм							
Сосущая сила S, МПа							
Осмотич. давление P, МПа							
Тургорное давление T, МПа							

В первую строку табл. 3 записать длину брусочков после их пребывания в растворах, начиная с наименьшей концентрации. При совпадении длины полосок в нескольких самых концентрированных растворах (например, 0,6; 0,8 и 1,0 М) выбрать наименьший из них (0,6 М), поскольку уже в этом растворе клетки достигли предела сокращения.

Исходя из того, что брусочки достаточно долго пролежали в растворах и перестали изменяться в длине (между клетками и раствором установилось равновесие), следует полагать, что сосущая сила клеток (S) сравнялась с сосущей силой внешних растворов. Выписать величины из 2-й строки таблицы 7.

Для самой короткой полоски (l_1) характерно полное отсутствие тургора, поэтому $T = 0$, откуда (по формуле $S = P - T$) $P_1 = S_1$. Остальные брусочки имеют более разбавленный клеточный сок, причем P уменьшается обратно пропорционально объему клеток (или длине брусочков): $P_1 \cdot l_1 = P_n \cdot l_n$. Тургорное давление (T) найти по формуле: $S = P - T$, откуда $T = P - S$.

Результаты занести в табл.3, построить графики зависимости осмотического давления, тургорного давления и сосущей силы от степени насыщенности клеток водой. Для этого на миллиметровой бумаге начертить систему координат, откладывая по оси абсцисс длину (мм) брусочков в конце опыта, по оси ординат – величину осмотического давления (МПа).

В **обсуждении результатов** объяснить изменения величин осмотического давления, тургорного давления и сосущей силы в зависимости от степени насыщенности клеток водой. При каких значениях сосущей силы в клетку будет поступать вода? Как зависит величина сосущей силы от осмотического и тургорного давления?

В **выводе** указать значение сосущей силы для процесса поступления воды в клетку.

Тема5: «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.

Темаб: «ПОСТУПЛЕНИЕ ВЕЩЕСТВ В РАСТИТЕЛЬНУЮ КЛЕТКУ»

Цель: изучить способность клеточных мембран регулировать проникновение веществ в цитоплазму и из цитоплазмы в окружающую среду.

ЗАДАНИЕ 1. Прижизненное окрашивание клеток нейтральным красным

Ход работы. Приготовить срез эпидермиса лука и поместить его на предметное стекло в каплю 0,02%-ного раствора нейтрального красного, не накрывая покровным стеклом (при хорошем доступе воздуха прокрашивание происходит быстрее). Через 10 мин. отсосать раствор красителя фильтровальной бумагой, перенести срез в каплю воды, накрыть покровным стеклом и рассмотреть в микроскоп. Зарисовать 2-3 клетки отметив, какая часть окрашена нейтральным красным (клеточная стенка, цитоплазма или вакуоль) и в какой цвет (использовать цветные карандаши).

Заменить воду 1 М раствором KNO_3 и ввести каплю 10%-ного раствора аммиака, являющегося клеточным ядом. Рассмотреть препарат под микроскопом. Заменить раствор на препарате вновь на 1 М раствор KNO_3 и продолжать наблюдения при большом увеличении микроскопа.

Результаты зарисовать: 2-3 плазмолизированные клетки, отметив, какая часть окрашена нейтральным красным (клеточная стенка, цитоплазма или вакуоль) и в какой цвет (использовать цветные карандаши).

Для составления **обсуждений результатов** ответить на вопросы. Велика ли проницаемость клеточных мембран для нейтрального красного? Ответ поясните. В какой части живой клетки накапливается краситель? Почему? Что происходит с клетками при

помещении их в раствор KNO_3 ? Как изменилась окраска частей клеток после добавления 10%-ного раствора аммиака? Какие изменения произошли с цитоплазмой?

Сделать **вывод** о возможности использования данного метода для определения жизнеспособности клеток.

ЗАДАНИЕ 2. Влияние ионов калия и кальция на проницаемость цитоплазмы

Ход работы. Налить по 18 капель 0,02%-ного раствора нейтрального красного в две фарфоровые чашки, добавив в одну из них 2 капли 1 М раствора KNO_3 , а в другую – 2 капли 0,7 М раствора $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Чашки снабдить этикетками. Поместить в полученные растворы по три среза эпидермиса лука. Через 5 мин. вынуть по одному срезу, обсушить фильтровальной бумагой, поместить на предметные стекла в каплю 1 М раствора сахарозы. Закрыть покровными стеклами. То же самое сделать с объектами, пролежавшими в растворе красителя в течение 10 мин. и 15 мин. Рассмотреть плазмолизированные клетки в микроскоп, сравнить скорость проникновения красителя в вакуоли (по интенсивности окраски).

Результаты зарисовать.

Для составления **обсуждений результатов** ответьте на вопросы. Как ионы калия и кальция влияют на вязкость цитоплазмы? Укажите изменения, проходящие на молекулярном уровне. В чем заключается связь между проницаемостью цитоплазмы и вязкостью?

Сделать **вывод** о влиянии ионов на проницаемость цитоплазмы.

ЗАДАНИЕ 3. Проницаемость разновозрастных клеток для мочевины

Ход работы. Нанести на предметное стекло каплю 1 М раствора мочевины и погрузить в нее лист элодеи, отметив время. Накрыть препарат покровным стеклом и сразу начать наблюдение в микроскоп. Отметить время наступления плазмолиза в клетках у основания и на верхушке листа. Продолжать наблюдения в течение 15-20 мин., наблюдая за тем, чтобы препарат не подсыхал. Отметить время наступления самопроизвольного деплазмолиза в клетках у основания и на верхушке листа.

Результаты: сделать рисунки клеток в состоянии плазмолиза, указав клеточную стенку, пространство, заполненное плазмолитиком, цитоплазму, хлоропласты, ядро, вакуоль.

Для составления **обсуждений результатов** ответить на вопросы. Что происходит с молекулами мочевины при длительном пребывании клеток растений в растворе этого вещества? Каковы причины самопроизвольного деплазмолиза? Как объяснить неодинаковую скорость деплазмолиза в клетках у основания и на верхушке листа элодеи? В **выводе** указать взаимосвязь между проницаемостью и самопроизвольным деплазмолизом.

Раздел 2. Водный режим и минеральное питание растений

Тема 7: «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 8: «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: $P = RTCi$. **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 9: «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_E) 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_E .

Таблица 8

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

Объект	Время взвешивания		Экспозиция, мин	Масса, г		Испарено воды, 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_E 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 подвявший				
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 10: «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.

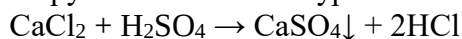
Тема 11: «МИКРОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗОЛЫ РАСТЕНИЙ»

Цель: исследовать золу растений на содержание кальция, магния, фосфора, железа; выяснить роль этих элементов минерального питания в жизни растений.

ЗАДАНИЕ 1. Микрохимический анализ золы

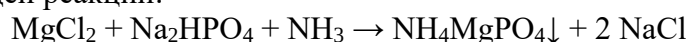
Ход работы. Насыпать в пробирку небольшое количество золы и залить ее четырехкратным объемом 10%-ной HCl. Отфильтровать полученный раствор в чистую пробирку. Провести стекла реакции на кальций, магний, фосфор, железо. Для этого стеклянной палочкой нанести на предметное стекло каплю вытяжки и на расстоянии 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:

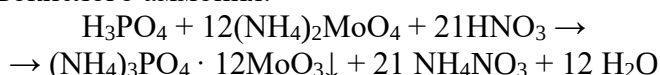


Образующийся гипс осаждается в виде игольчатых кристаллов.

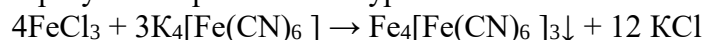
Для обнаружения магния к капле вытяжки сначала добавить каплю 10%-ного раствора аммиака, а затем соединить каналом с реактивом, которым служит 1%-ный раствор фосфорнокислого натрия. При этом образуется фосфорно-аммиачномагнезиальная соль, кристаллизующаяся в виде прямоугольников или звезд, в результате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

Тема 12: «ОБНАРУЖЕНИЕ НИТРАТОВ»

Цель: изучить зависимость содержания нитратов в тканях разных видов растений от внешних и внутренних условий.

ЗАДАНИЕ 1. 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 иссинь-черный цвет. Окраскаустойчива	Много
5	Ткань сразу окрашивается в темно-синий цвет. Окраскасохраняетсянекотороевремя	Меньше
4	Ткань окрашивается в синий цвет. Окрашиваниенаступаетнесразу	Ещеменьше
3	Ткань окрашивается в светло-синий цвет. Окраскаисчезаетчерез 2-3 мин	Ещеменьше
2	Окраскабыстроисчезает	Ещеменьше
1	Следы голубой окраски быстро исчезают	Оченьмало
0	Нетсинейокраски	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	листоваяпластинка	стебель

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

Раздел 3. Дыхание

Тема 13: «ОБНАРУЖЕНИЕ ДЫХАНИЯ РАСТЕНИЙ»

Цель: доказать, что при дыхании растений выделяется углекислый газ как конечный продукт дыхательного обмена.

Задание 1. Обнаружение дыхания растений

Ход работы. В стеклянную банку насыпают 50-60 г проросших семян, плотно закрывают ее пробкой, в которую вставлены воронка и изогнутая стеклянная трубка и оставляют на 1 ч. За это время в результате дыхания семян в банке накопится углекислый газ. Он тяжелее воздуха, поэтому сосредоточен в нижней части банки и не попадает в атмосферу через воронку или трубку. Одновременно берут контрольную банку без семян, также закрывают ее резиновой пробкой с воронкой и стеклянной трубкой и ставят рядом с первой банкой.

По окончании опыта свободные концы стеклянных трубок опускают в две пробирки с баритовой водой. В обе банки через воронки начинают понемногу наливать воду. Вода вытесняет из банок воздух, обогащенный CO_2 , который поступает в пробирки с раствором гидроксида бария. В результате баритовая вода мутнеет. Сравнивают степень помутнения раствора гидроксида бария в обеих пробирках.

Результаты: зарисовать прибор, который помогает обнаружить дыхание по выделению CO_2 , сделать подписи к рисунку и вывод о выделении CO_2 в процессе дыхания.

Тема 14: «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 CO_2 (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 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 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 BaCO_3 , препятствующую полноте поглощения CO_2 , 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 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ израсходован на связывание CO_2 . 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 HCl до исчезновения розового оттенка. Контрольную колбу можно титровать через 20 мин. после начала опыта.

Результаты записать в таблицу 15.

Интенсивность дыхания (I_d) вычислить по следующей формуле:

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

где A – результаты титрования содержимого контрольной колбы; B – результаты титрования содержимого опытной колбы; 0,55 – количество мг CO_2 , эквивалентное 1 мл 0,025 н раствора HCl ; p – масса навески, г; t – экспозиция, ч.

Объ-ект	На-вес-ка, г	Объем барита мл	Время			Расход HCl,мл		Интенс. дыха-ния, мг/г · час
			на-чало	ко-нец	экспо-зиция	конт-роль	опыт	
Листья								
Стебли								

Сделать **выводы** о тканеспецифичности исследуемого показателя.

ЗАДАНИЕ 1. Определение дыхательного коэффициента прорастающих семян

В **обсуждении результатов** сравнить полученные дыхательные коэффициенты у прорастающих семян пшеницы (запасные вещества – углеводы), льна (запасные вещества – масла), гороха (запасные вещества – белки). Отметить, с чем связаны различия величины дыхательного коэффициента у изучаемых растительных объектов.

Дыхательный коэффициент прорастающих семян, содержащих разные запасные питательные вещества

[illegible]

В **обсуждении результатов** сравнить полученные дыхательные коэффициенты у прорастающих семян пшеницы (запасные вещества – углеводы), льна (запасные вещества – масла), гороха (запасные вещества – белки). Отметить, с чем связаны различия величины дыхательного коэффициента у изучаемых растительных объектов.

Сделать **выводы** о значении изучаемого показателя.

Тема 16: «ПОТЕРЯ СУХОГО ВЕЩЕСТВА ПРИ ПРОРАСТАНИИ СЕМЯН»

Цель: выяснить, как происходит потеря органических веществ при прорастании семян разных видов растений.

ЗАДАНИЕ 1. Потеря сухого вещества при прорастании семян

Ход работы. Взвесить две порции семян пшеницы по 10 штук (по возможности выбирать примерно равные семена). Одну порцию поместить на 1 ч. в чашку Петри с небольшим количеством воды, чтобы вызвать набухание семян. Вторую порцию поместить в бумажный пакет, снабженный этикеткой, и высушить при температуре 130° С (не менее 2 ч.). После охлаждения семена снова взвесить.

Набухшие семена первой порции поместить для проращивания во влажную камеру. Для этого выложить дно и крышку чашки Петри фильтровальной бумагой, обильно смочить бумагу водой, разложить набухшие семена, закрыть крышкой. Поместить чашку Петри с семенами в темноту, через каждые 2 дня поливать водой.

Через неделю извлечь проростки из чашки Петри, тщательно осушить фильтровальной бумагой и взвесить. Поместить проростки в бумажный пакет, высушить при температуре 100-105° С до абсолютно сухого состояния (4-6 ч.), после охлаждения – взвесить. Если проросли не все семена, то учитывают только проросшие, а затем пересчитывают сырую и сухую массу проростков на 10 экземпляров. **Результаты** экспериментов записать в таблицу 17.

Таблица 17

Содержание воды и сухого вещества в семенах и проростках пшеницы

Масса 10 семян, г		Содержание воды в семенах, %	Масса 10 проростков, г		Содержание воды в проростках, %	Потеря сухого вещества	
воздушно-сухая	абсолютно сухая		сырая	абсолютно сухая		на 10 семян	% абсолютно сухой массы семян

В **обсуждениях результатов** сравнить содержание воды в покоящихся и прорастающих семенах, проанализировать причины изменения сырой и сухой массы при прорастании семян.

Сделать **выводы** об изменении процесса дыхания при прорастании семян.

Раздел 4. Фотосинтез

Тема 17: «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПИГМЕНТОВ ФОТОСИНТЕЗА»

Цель: овладеть методами выделения пигментов из листа и разделения пигментов фотосинтеза; изучить физические свойства хлорофиллов и каротиноидов.

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. Флуоресценция хлорофилла

Ход работы. Вытяжку пигментов в пробирке поместить на темном фоне у настольной лампы. Рассмотреть вытяжку с той стороны, откуда падает свет. Отметить окраску раствора.

Результаты зарисовать.

В **обсуждении результатов** и **выводе** указать причину флуоресценции и условия, при которых она происходит.

ЗАДАНИЕ 4. 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). Закрыть 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 5. 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 ввиду, 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 6. 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.

Тема 18: «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:

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

где $\rho_{\text{ст.}}$ – оптическая плотность раствора Гётри; $\rho_{\text{оп.}}$ – оптическая плотность опытного раствора; $C_{\text{ст.}}$ – концентрация раствора Гётри, мг/ 10 мл; $C_{\text{оп.}}$ – 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 вытяж- ки, мл	Оптич. плот- ность, ρ	Количество хло- рофиллов в вы- тяжке, 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 полосу до полного исчезновения запаха растворителя, поместить ее в вертикальном положении в стеклянный цилиндр, на дно которого налит авиационный бензин. Полосу 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 порядке: внизу хлорофилл b, над ним хлорофилл a, затем ксантофиллы и выше всех каротины.

Результаты: высушить хроматограмму, приклеить в лабораторную тетрадь и обозначить участки, на которых адсорбированы разные пигменты.

Для составления **обсуждений результатов** и **выводов** ответить на вопросы. В чем сущность метода бумажной хроматографии? По какому принципу происходит разделение фотосинтетических пигментов?

Тема 19: «ИНТЕНСИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА»

Цель: изучить зависимость интенсивности фотосинтеза от возраста листа; выяснить условия, необходимые для протекания процесса фотосинтеза.

ЗАДАНИЕ 1. Определение интенсивности фотосинтеза методом ассимиляционной колбы (по Л.А. Иванову и Н.Л. Коссович)

Ход работы. Три колбы (одна контрольная и две опытные), выдержать открытыми в одинаковых условиях 20 мин. для заполнения воздухом. Затем одновременно закрыть их резиновыми пробками №1.

Срезать два листа комнатного растения разного возраста (молодой растущий и зрелый, закончивший рост), обновить бритвой срезы под водой и поставить в пробирки с кипяченой водой, укрепленные на пробках №2. Быстро заменить пробки №1 на пробки №2 с частями растений в опытных колбах, контрольную колбу также приоткрыть на несколько секунд. Выдержать колбы на свету 20 мин. Во время опыта необходимо следить, чтобы температура воздуха не изменялась.

По окончании опыта извлечь из опытных колб листья, быстро закрыть их пробками №1, контрольную колбу вновь приоткрыть на несколько секунд. Налить во все колбы по 20 мл 0,025 н раствора $\text{Ba}(\text{OH})_2$, по 2-3 капли фенолфталеина, быстро закрыть и в течение 20 мин. периодически взбалтывать содержимое всех колб. После этого времени протитровать растворы в колбах 0,025 н соляной кислотой до исчезновения розового окрашивания.

Определить площадь листьев в каждом варианте с помощью весового метода. Для этого взвесить квадрат миллиметровой бумаги известной площади, наложить на этот

квадрат исследуемый лист, обвести карандашом листовую пластинку, вырезать и взвесить полученную бумажную фигуру. Площадь листа вычислить по пропорции $a/b = c/s$, где a – масса квадрата, b – масса бумажной фигуры, c – площадь квадрата, s – площадь листа.

Результаты записать в таблицу 14.

Интенсивность фотосинтеза I_{ϕ} вычислить по формуле:

$$I_{\phi} = (A - B) \cdot 0,55 \cdot 60 / s \cdot t,$$

где A – количество мл HCl , пошедших на титрование раствора $Ba(OH)_2$ в опытной колбе, B – количество мл HCl , пошедших на титрование раствора $Ba(OH)_2$ в контрольной колбе; 0,55 – количество мг CO_2 , соответствующее 1 мл 0,025 н HCl , s – площадь листьев, $дм^2$; t – экспозиция, мин; 60 – коэффициент перевода минут в часы.

Таблица 14

Изменение интенсивности фотосинтеза листьев разного возраста

Вариант	Время			Площадь лист., $дм^2$	Объем бари-та, мл	Расход HCl , мл		Интенсивность фотосин., $мг/дм^2 \cdot ч$
	начало	конец	экспозиция, мин.			опыт	контроль	
Молодой лист								
Зрелый лист								

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 5. Рост и развитие растений

Тема 20: «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 21: «РОСТ ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ»

Цель: изучить особенности роста корня, стебля, листа растений; освоить методы изучения процессов роста растений.

ЗАДАНИЕ 1. Верхушечный рост корня

Ход работы. Выбрать проросток гороха (возраст 3-4 дня) с наиболее прямым корнем, обсушить его фильтровальной бумагой и нанести тушью тонкие метки по всей длине корня на расстоянии 1 мм одна от другой. Затем проросток поместить во влажную камеру. Для камеры можно использовать пробирку, на дно которой налить 1-2 мл дистиллированной воды и выложить изнутри фильтровальной бумагой. К корковой пробке прикрепить проросток с помощью английской булавки так, чтобы корешок был направлен вниз. Закрывать пробирку пробкой с проростком, прикрепить этикету, поставить влажную камеру в теплое место. Через сутки измерить расстояние между метками.

Результаты: зарисовать проростки с метками в начале и конце опыта, вычислить прирост разных участков корня. В **обсуждениях результатов** объяснить, почему метки максимально раздвинулись лишь в определенной зоне корня. Сделать **вывод** о типе роста корня.

ЗАДАНИЕ 2. Базальный рост листьев пшеницы

Ход работы. Взять 5-7-ми дневные проростки пшеницы, выращенные в сосуде с влажными опилками. Разметить тушью листья проростков по всей длине, метки должны находиться на расстоянии 2 мм друг от друга. Через 2-3 суток повторно измерить расстояние между метками.

Результаты: зарисовать проростки с метками в начале и конце опыта, вычислить прирост разных участков листа. В **обсуждениях результатов** объяснить, почему метки максимально раздвинулись лишь в определенной зоне листа. Сделать **вывод** о типе роста листьев злаковых растений.

ЗАДАНИЕ 3. Верхушечный рост стебля

Ход работы. Взять проростки огурца или гороха, выращенные в сосуде с влажными опилками. На подсемядольном колене нанести метки на расстоянии 2 мм одна от другой. Поставить сосуд с растениями в теплое освещенное место. Через сутки измерить расстояние между метками.

Результаты: зарисовать проростки с метками в начале и конце опыта, вычислить прирост разных участков стебля (подсемядольного колена). В **обсуждениях результатов** объяснить, почему метки максимально раздвинулись лишь в определенной зоне стебля. Сделать **вывод** о типе роста стеблей.

Тема 22: «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 наклюнувшиеся 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.

ТЕМА 23: «ПОЛЯРНОСТЬ РАСТЕНИЙ И АПИКАЛЬНОЕ ДОМИНИРОВАНИЕ»

Цель: изучить способность вегетативных органов, отделенных от материнского растения, к восстановлению утраченных частей; исследовать влияние внешних условий и внутренних регулирующих факторов на процесс регенерации у растений.

ЗАДАНИЕ 1. Полярность черенков

Ход работы. Приготовить влажную камеру, для чего выложить изнутри стеклянную банку влажной фильтровальной бумагой и налить на дно немного воды. Вырезать из побега тополя три одинаковых черенка, длина которых должна быть на 5-6 см короче высоты банки. У одного черенка снять в средней части кольцо коры (до древесины) шириной около 1 см. Подвесить черенки с помощью ниток к крышке так, чтобы два черенка, в том числе окольцованный, находились в нормальном положении, а третий – в перевернутом. Опуская черенки в банку следить за тем, чтобы их концы не касались воды. Крышку закрыть не плотно, чтобы обеспечить доступ кислорода к черенкам. Поставить банку с черенками в темное место и время от времени, по мере испарения воды, подливать ее. Через 2-3 недели можно наблюдать образование на черенках каллуса, придаточных корней, молодых побегов.

Результаты оформить в виде рисунков.

В **обсуждениирезультатов** отразить механизмы регенерации и полярности у растений, объяснить возникновение каллуса на разных частях черенков в зависимости от варианта опыта.

Сделать **вывод** о значении полярности в жизни растений.

ТЕМА 24: «РЕГЕНЕРАЦИЯ ЧЕРЕНКОВ»

Цель: изучить способность вегетативных органов, отделенных от материнского растения, к восстановлению утраченных частей; исследовать влияние внешних условий и внутренних регулирующих факторов на процесс регенерации у растений.

ЗАДАНИЕ 1. Значение листьев для укоренения черенков (по Руге)

Ход работы. Срезать три одинаковых черенка комнатного растения с 5-6 листьями. У одного черенка удалить все листья, у второго – оставить два верхних листа, у третьего – оставить все листья. Поставить черенки в стакан с водопроводной водой и выставить на свет (стакан предварительно снабдить этикеткой). Через 1 неделю осмотреть черенки, пронаблюдать появление придаточных корней.

Результаты оформить в виде рисунков.

В **обсуждениирезультатов** сравнить скорость ризогенеза в зависимости от количества листьев на черенках, объяснить физиологические механизмы полученных различий.

Сделать **вывод** о значении листьев для процесса образования придаточных корней.

ЗАДАНИЕ 2. Влияние ИУК на укоренение черенков

Ход работы. Взять два фаянсовых стакана (или стеклянных, обернутых черной бумагой), налить в один из них водопроводную воду на высоту 4-5 см, в другой – раствор ИУК концентрации 70 мг/л, стаканы снабдить соответствующими этикетками. Срезать лезвием четыре одинаковых проростка фасоли высотой 10-15 см (у корневой шейки). Два черенка поставить в стакан с водопроводной водой (контроль), два другие – в стакан с раствором ИУК (на 1,5 ч.), после чего перенести эти черенки в стакан с водопроводной водой. Оставить черенки на свету при комнатной температуре. Через неделю, когда на стеблях появятся придаточные корни, измерить длину зоны ризогенеза и подсчитать количество придаточных корней на каждом черенке.

Результаты оформить в виде рисунков.

В **обсуждениирезультатов** отметить механизмы влияния ИУК на процесс ризогенеза.

Сделать **вывод** о значении ИУК для формирования корневой системы.

Тема 25: «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.

Раздел 6. Устойчивость растений

Тема 26: «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 плазмоллизированных клеток, %
Вода			
Сахароза 0,5 М			
Сахароза 1 М			

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

Тема 27: «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.

ТЕМА 28: «ИЗМЕНЕНИЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ ЦИТОПЛАЗМЫ РАСТИТЕЛЬНЫХ КЛЕТОК ПОД ВЛИЯНИЕМ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР»

Цель: изучить изменение проницаемости цитоплазмы клеток растений под влиянием высоких температур; установить значение изменения проницаемости в формировании устойчивости растений.

ЗАДАНИЕ 1. Влияние высокой температуры на проницаемость цитоплазмы

Ход работы. Из очищенного корнеплода красной свеклы вырезать 7 прямоугольных кусочков размером 3 x 10 x 40 мм, поместить их в фарфоровую чашку, многократно промыть водопроводной водой до полного обесцвечивания промывных вод, оставить в чашке под слоем воды. Нагреть в стакане воду до 75° С, захватить пинцетом один кусочек свеклы и погрузить его ровно на 1 мин. в нагретую воду, а затем перенести в пробирку с 10 мл холодной дистиллированной воды, пробирку снабдить этикеткой. Добавлением холодной воды охлаждать содержимое стакана до 70°, 65°, 60°, 55°, 50° и 45° С и при каждой температуре выдержать очередной кусочек в стакане в течение 1 мин. и перенести в пробирку с 10 мл холодной дистиллированной воды. Встряхивать пробирки с кусочками корнеплода свеклы в течение 15 мин. и определить интенсивность окраски жидкости на ФЭКе при зеленом светофилтре (против дистиллированной воды).

Результаты записать в таблицу 34.

Таблица 34

Оптическая плотность водных растворов

№ пробирки	Температура , ° С	Оптическая плотность
1	75	
2	70	
3	65	
4	60	
5	55	
6	50	
7	45	

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

В **обсуждении результатов** указать влияние повышенной температуры на проницаемость цитоплазмы, причины изменений и их последствия, отражающиеся на жизнедеятельности клеток.

Сделать **вывод** о значении проницаемости цитоплазмы и ее изменения для клеток.

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа заключается в подготовке к лабораторным занятиям по вопросам для изучения, выполнению лабораторной работы, фиксированию 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: «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦИТОПЛАЗМЫ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ»

Тема 3: «СОСУЩАЯ СИЛА КЛЕТОК»

Тема 4: «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 5: «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.

Тема 6: «ПОСТУПЛЕНИЕ ВЕЩЕСТВ В РАСТИТЕЛЬНУЮ КЛЕТКУ»

Раздел 2. Водный режим и минеральное питание растений

Тема 7: «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 8: «ПОСТУПЛЕНИЕ ВОДЫ В ПРОРАСТАЮЩИЕ СЕМЕНА»

Тема 9: «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 10: «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 поглощательной функции.
3. Общая поверхность корня и ее вклад в поглощение веществ.
4. Рабочая поверхность корня и ее вклад в поглощение веществ.

Тема 11: «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.

Тема 12: «ОБНАРУЖЕНИЕ НИТРАТОВ»

Раздел 3. Дыхание

Тема 13: «ОБНАРУЖЕНИЕ ДЫХАНИЯ РАСТЕНИЙ»

Тема 14: «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).

Тема 15: «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЫХАТЕЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА»

Тема 16: «ПОТЕРЯ СУХОГО ВЕЩЕСТВА ПРИ ПРОРАСТАНИИ СЕМЯН»

Раздел 4. Фотосинтез

Тема 17: «ФИЗИКО-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 18: «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 19: «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 5. Рост и развитие растений

Тема 20: «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 21: «РОСТ ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ»

Тема 22: «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.

Тема 23: «РОСТОВЫЕ ДВИЖЕНИЯ РАСТЕНИЙ»

Тема 24: «РЕГЕНЕРАЦИЯ ЧЕРЕНКОВ»

Тема 25: «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.

Раздел 6. Устойчивость растений

Тема 26: «МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ»

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

Тема 27: «ЖАРОСТОЙКОСТЬ РАСТЕНИЙ»

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

Тема 28: «ИЗМЕНЕНИЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ ЦИТОПЛАЗМЫ РАСТИТЕЛЬНЫХ КЛЕТОК ПОД ВЛИЯНИЕМ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР»

- 1.

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

Раздел 1

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.

Раздел 2

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.

Раздел 3

1. Дыхание как общебиологический процесс.
2. Особенности поступления кислорода в растительные ткани из окружающей среды.
3. Молекулярные механизмы организации цикла Кребса в митохондриях.
4. Молекулярные механизмы организации и работы ферментов электротранспортной цепи митохондрий.
5. Механизмы сопряжения и синтез АТФ в митохондриях.

Раздел 4

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).

Раздел 5

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. Физиологические закономерности управления процессами роста растений и их органов.
7. Вклад развития в формировании декоративных качеств растений.
8. Физиологические закономерности управления процессами развития растений и их органов.
9. Управление физиологическими процессами цветения.
10. Влияние продолжительности светового дня на рост и развитие растений.
11. Яровизация как физиологический процесс.

Раздел 6

1. Повреждающее влияние морозов на адаптированные и неадаптированные виды растений.
2. Повреждающее влияние низких положительных температур на адаптированные и неадаптированные виды растений.
3. Повреждающее влияние жары на адаптированные и неадаптированные виды растений.
4. Повреждающее влияние засухи на адаптированные и неадаптированные виды растений.
5. Засухоустойчивость растений разных экологических групп по отношению к воде.
6. Солеустойчивость растений: физиологические механизмы.
7. Физиологическая характеристика растений-галофитов и растений-гликофитов.

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 временного завядания 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-спутниках;
- 3) лубяных волокнах; 4) паренхимных элементах.

6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации
Ситуационные задачи

Водный обмен растений

1. Каковы различия в скорости передвижения воды по сосудам ксилемы и живым клеткам паренхимы? Чем объясняются эти различия?
2. Обоснуйте значение градиента водного потенциала в системе почва – растение – атмосфера для восходящего тока воды в растениях.
3. Как объяснить набухание в воде маслянистых семян (подсолнечника, клеверины и др.) несмотря на то, что жиры обладают гидрофобными свойствами?
4. Растение пересажено в почву. Осмотическое давление почвенного раствора 0,2 МПа. В момент посадки осмотическое давление корневых волосков равнялось 0,9 МПа, а тургорное давление – 0,8 МПа. Сможет ли растение жить на данной почве? Объясните.
5. Два одинаковых сосуда заполнены почвой: в одном сосуде песчаная почва, в другом глинистая. Почва в обоих сосудах полита до полного насыщения (содержание воды соответствует полной влагоемкости почвы). В каком сосуде больше: а) общего содержания воды; б) количества доступной для растений воды; в) мертвого запаса воды? Объясните.
6. При определении коэффициента завядания методом, описанным в предыдущей задаче, оказалось, что все растения при выращивании на одной и той же почве дают почти одинаковый результат независимо от их вида и возраста. Как это объяснить?
7. Происходит ли транспирация при закрытых устьицах и у безлистных побегов?
8. Как объяснить, что при общей небольшой площади устьичных отверстий (около 1% площади листьев) интенсивность транспирации при благоприятных условиях водоснабжения растений приближается к интенсивности эвапорации (испарения со свободной водной поверхности)?
9. Концентраций ионов калия в замыкающих клетках устьиц возрастает на свету в 4-5 раз. Какова причина этого явления.
10. Побег с площадью листьев 1,2 дм² за 4 минуты испарил 0,06 г воды. При тех же условиях со свободной водной поверхности площадью 20 см² за 30 минут испарилось 0,15 г. Определить относительную транспирацию (отношение интенсивности транспирации к интенсивности свободного испарения).
11. За вегетационный период растения накопили 2,1 кг органической массы и испарили 525 кг воды. Вычислить продуктивность транспирации.
12. Транспирационный коэффициент равен 125 мл/г. Найти продуктивность транспирации.
13. В одном из опытов Л. А. Иванова 20-летняя сосна была спилена 3/11, торец пня был тщательно смазан салом и закрыт клеенкой, после чего периодически определяли влажность древесины пня, которая оказалась равной: 3/11 – 60, 2; 5/11 – 62, 2; 9/11 – 63, 7%. Как объяснить полученные результаты?
14. В трех сосудах с почвой были выращены проростки кукурузы при одинаковых условиях. Один сосуд поставили в кристаллизатор с водой комнатной температуры, второй – в кристаллизатор с водой нагретой до 30°C, после чего оба сосуда закрыли стеклянными колпаками. Третий сосуд оставили открытым. У каких проростков будет наблюдаться более интенсивная гуттация? Как это объяснить?
15. У некоторых комнатных растений незадолго до дождя появляются капли воды на кончиках листьев. Как объяснить это явление?
16. Дерево с площадью листовой поверхности 12 м² испарило за 2 часа 3 кг воды. Чему равна интенсивность транспирации (г/м² в час)?

17. Побег, взвешенный сразу после срезания, имел массу 10,26 г, а через 3 мин – 10,17 г. Площадь листьев побега равна 240 см². Определите интенсивность транспирации (г/м² в час).

Минеральное питание

1. Как можно доказать, что начальное поглощение ионов корневой системой носит обратимый адсорбционный характер?
2. Как вырастить растение без почвы? Какие условия необходимо при этом соблюдать?
3. Одинаковые проростки высажены в три сосуда с песком. В первый сосуд внесена полная питательная смесь Гельригеля, во второй – та же смесь, но вместо Ca(NO₃)₂ дан CaSO₄, в третьем сосуде KCl заменен на KNO₃. Сосуды помещены в вегетационный домик и регулярно поливаются дистиллированной водой. Каковы будут результаты этого опыта?
4. Корневая система была выдержана в течение нескольких минут в растворе метиленовой синей, а затем тщательно промыта дистиллированной водой, после чего корни были погружены в раствор хлорида кальция. Раствор вскоре приобрел хорошо заметную синюю окраску. Как объяснить это явление.
5. По данным И. И. Колосова, повышение температуры раствора фосфата натрия на 10°C вызывало ускорение поглощения корнями фосфора в 5,2 раза, а натрия – только в 1,4 раза. Как объяснить это различие?
6. Навески древесины и листьев березы были сожжены в муфельной печи. У первого из названных объектов масса золы составила 0,8%, у второго – 6,5%. Как объяснить эти различия?
7. Почему при недостатке кальция происходит размягчение и ослизнение растительных тканей?
8. Перед листопадом из стареющих листьев яблони отводится в стебель до 52% азота и 36% калия, а содержание кальция в листьях увеличивается в среднем на 18%. Какие выводы можно сделать на основании приведенных данных?
9. Какие листья обнаруживают более резко выраженные симптомы фосфорного голодания при недостатке фосфора в почве – верхние или нижние? С чем это связано?
10. Кусочки черешка и листовой пластинки свеклы поместили на тарелку, размяли стеклянной палочкой и облили раствором дифениламина в серной кислоте (реактив на ион NO₃⁻). Черешок дал интенсивное синее окрашивание, а листовая пластинка – слабее. Как объяснить полученные результаты?
11. Как объяснить наличие разнообразных аминокислот и почти полное отсутствие ионов NO₃⁻ в пасоке (ксилемном соке) многих древесных растений, в том числе произрастающих на почве богатой нитратами?
12. Растения выращивались в вегетационных сосудах с исследуемой почвой. В первый сосуд никаких удобрений не вносили (контроль), во второй добавили калийное удобрение, в третий – фосфорное, в четвертый – азотное. Остальные условия (освещение, температура, полив) были для всех сосудов одинаковыми. Рост растений во втором сосуде не отличался от контроля, в третьем был немного лучше, а в четвертом гораздо лучше, чем в контрольном сосуде. Сделайте выводы из приведенных результатов.
13. В вегетационном опыте изучали влияние удобрений на урожайность пшеницы. Опыт был поставлен – в четырех вариантах: 1) неудобренная почва (контроль); 2) аммиачная селитра; 3) суперфосфат; 4) аммиачная селитра+суперфосфат. Урожай во втором варианте получился в 1,5 раза выше, чем в контроле, в третьем не отличался от контроля, а в четвертом был в 2 раза больше, чем в контроле. Сделайте выводы.

14. В чем проявляется отрицательное влияние избытка азотных удобрений на урожай пшеницы и картофеля?
15. Почва, богатая фосфатом кальция, нередкоставляет слишком мало фосфора для оптимального роста растений. Объясните причину этого.
16. Если корешок какого-либо растения приложить к листочку лакмусовой бумаги, то на листочке останется розовый отпечаток. С чем это связано?
17. Какие внешние признаки растения свидетельствуют о недостатке азота в питательном субстрате? На каких листьях – верхних или нижних – эти признаки проявляются раньше?

Фотосинтез

1. Эмерсон и Арнольд в 1932 году обнаружили, что квантовый выход фотосинтеза (количество выделившегося O_2 или поглощенного CO_2 на квант поглощенной энергии) можно увеличить, если вместо непрерывного освещения давать свет короткими вспышками с более длительными темновыми промежутками. Чем это можно объяснить?
2. Почему экстрагирование с помощью 80-90%-ных водных растворов спирта или ацетона приводит к полному обесцвечиванию листьев, тогда как неполярные растворители (бензин, петролейный эфир) не могут извлечь весь содержащийся в листьях хлорофилл?
3. К спиртовой вытяжке из зеленого листа добавили несколько капель 20%-ного раствора КОН, прилили бензин, тщательно взболтали и дали отстояться. Какова будет окраска спирта и бензина? Какие вещества будут растворены в указанных растворителях?
4. К раствору феофитина добавили несколько кристаллов уксуснокислой меди и нагрели до кипения. Как изменится при этом окраска раствора? Какая реакция произойдет между феофитином и добавленным реактивом?
5. Как объяснить разную окраску спиртовой вытяжки из зеленого листа при рассмотрении ее в проходящем и отраженном свете?
6. У мутантных растений гороха с пониженным содержанием каротиноидов фотосинтез протекает менее интенсивно. Назовите две возможные причины этого.
7. Если зеленый лист освещать в отсутствие CO_2 , то он будет флуоресцировать. Введение CO_2 немедленно вызовет тушение флуоресценции. Чем это можно объяснить?
8. К спиртовому раствору хлорофилла добавили аскорбиновую кислоту и метиловый красный, после чего выставили на яркий свет. Через 20 мин. красная окраска раствора сменилась зеленой вследствие восстановления красителя. Какова роль хлорофилла в этой реакции.
9. Известно, что скорость фотохимических реакций не зависит от температуры. Между тем фотосинтез, осуществляющийся за счет световой энергии, подчиняется правилу Вант-Гоффа, ускоряясь в 2-3 раза при повышении температуры на $10^\circ C$. Как объяснить это явление?
10. Растение было освещено вначале зеленым, а затем синим светом той же интенсивности. В каких лучах будет наблюдаться более быстрое поглощение CO_2 листьями? Почему?
11. Компенсационная точка у теневыносливых растений составляет 0,5-1% полного дневного освещения, а у светолюбивых 3-5%. Каковы причины этого различия?
12. Каковы причины гибели многих лесных трав (кислицы, недотроги, майника) после вырубки леса?
13. Несмотря на то, что интенсивность фотосинтеза сосны примерно в 3 раза меньше, чем березы (при одинаковых внешних условиях), прирост органической массы этих пород при расчете на 1 га почти одинаков. Как это объяснить?
14. Механизмы флуоресценции и фосфоресценции.

15. К какому электронвозбужденному состоянию приводит поглощение молекулой хлорофилла кванта красного или синего света?
16. Чем можно объяснить более эффективное использование света низкой интенсивности теневыносливыми растениями, по сравнению со светолюбивыми растениями.
17. Если поместить по одному растению C_3 - и C_4 -типов под один стеклянный колпак, т.е. пространство с ограниченным запасом CO_2 , то C_3 -растение, наиболее вероятно, погибнет, раньше, чем C_4 -растение. Почему это может произойти?

Дыхание растений

1. Перечислите промежуточные продукты аэробного дыхания, которые подвергаются: а) декарбоксилированию; б) окислению (отнятию водорода).
2. Почему интенсивность дыхания растений резко возрастает при увеличении содержания O_2 в окружающей среде от 1 до 6%, а при дальнейшем повышении содержания O_2 почти не изменяется?
3. Дыхательный коэффициент проростков пшеницы при содержании O_2 в воздухе 21% составлял 0,98, при 5% – 0,93, при 3% – 3,34. Как объяснить резкое возрастание дыхательного коэффициента?
4. В два сосуда аппарата Варбурга поместили одинаковые навески наклюнувшихся семян. В боковой отросток одного из сосудиков налили крепкий раствор КОН, после чего оба сосуда соединили с манометрами. Как будет изменяться уровень манометрической жидкости, если дыхательный коэффициент: а) равен единице; б) меньше единицы; в) больше единицы.
5. Возможен ли перенос фосфатных групп на АДФ от следующих субстратов: глюкозо-1-фосфата, фруктозо-1,6-дифосфата, 1,3-дифосфоглицериновой кислоты, фосфоенолпирувата?
6. 15 г почек выделили за 30 минут 3 мг CO_2 . Вычислить интенсивность дыхания на 1г сухой массы за 1 ч, если известно, что содержание воды в почках составляет 60%.
7. Некоторые считают, что вредно оставлять цветы на ночь в комнате, так как они поглощают кислород, необходимый для дыхания человека. Чтобы ответить на вопрос, насколько обосновано это мнение, подсчитайте, до какой величины снизится содержание O_2 против обычного (21% по объему) в воздухе комнаты объемом 45 м³ в течение 10 ч за счет дыхания растений, имеющих общую массу 2 кг и среднюю интенсивность дыхания 12мл O_2 на 1 г в сутки.
8. Какие аргументы существуют против теории (гипотезы) Лавуазье о сходстве дыхания и горения?
9. Сколько CO_2 выделит 1 кг семян за 10 суток, если известно, что интенсивность дыхания этих семян равна 0,1 мг CO_2 на 1 г сухой массы в 1 час, а содержание воды в семенах 38%?
10. Зеленый лист на свету при температуре 5°C интенсивно поглощал CO_2 , а при повышении температуры до 40°C начал выделять CO_2 . Как объяснить отмеченное изменение в газообмене листа?
11. Ткани ствола деревьев располагаются в следующей последовательности в порядке уменьшения интенсивности дыхания: камбий, флоэма, заболонь, древесина. С чем связано такое распределение?
12. В каком случае энергетический выход дыхания выше – при окислении пировиноградной кислоты по типу брожения или аэробного дыхания. Ответ обоснуйте.
13. Какова судьба энергии, которая высвобождается в процессе передачи электронов от НАДН₂ и ФАДН₂ к молекулярному кислороду через электронно-транспортную цепь в митохондриях?

14. Посредством каких промежуточных соединений цикла ди- и трикарбоновых кислот устанавливается связь между обменом углеводов, жиров и белков?
15. Бородин в своих опытах (1876 г.) наблюдал быстрое увеличение интенсивности дыхания у растений, выдержанных в темноте, а затем выставленных на свет. Объясните эти изменения.
16. Чем объясняется улучшение лежкости плодов при помещении их в герметические сосуды с углекислым газом?
17. Растительные масла в наибольших количествах присутствуют в семенах, причем часто они находятся в зародыше. В чем преимущества такого местонахождения с точки зрения энергетических нужд растения?

Вопросы подготовке к лабораторным работами вопросы для самостоятельного изученияприведены 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.

Критерии выставления оценки за тест

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

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(6 семестр)

1. Фотосинтез как основа энергетики и устойчивости биосферы. Роль растений в решении экологических проблем.
2. Пигменты хлоропластов: их состав, строение, свойства. Обусловленность физиологической роли пигментов их строением и свойствами. Понятие о фотосистемах.
3. Процесс фотосинтеза как сочетание световых и темновых реакций, их взаимосвязь. Элементарная схема фотосинтеза.
4. Роль света для фотосинтеза. Энергетика процесса. Особенности фотофизического этапа световой фазы.
5. Фотохимический этап световой фазы. Циклическое фотофосфорилирование: особенности функционирования, основные продукты и энергетический выход.
6. Фотохимический этап световой фазы. Нециклическое фотофосфорилирование: взаимодействие двух фотосистем, фотолиз воды, продукты и энергетический выход.
7. Темновая фаза фотосинтеза. Цикл Кальвина (С3-путь темновой фиксации углекислого газа).
8. Темновая фаза фотосинтеза. Цикл Хетча-Слэка-Карпилова (С4-путь темновой фиксации углекислого газа). Темновая фаза фотосинтеза. САМ-метаболизм, его адаптационное значение.
9. Экологические аспекты фотосинтеза. Влияние света и температуры на состояние фотосинтетического аппарата и интенсивность процесса. Экологические группы растений по отношению к свету.
10. Дыхание: физиологическая сущность многообразие путей и его значение для адаптационных процессов. Роль дыхания в жизни растений.
11. Многообразие путей дыхательного метаболизма и их значение.
12. Дыхание как основа энергетики и центр метаболизма растительной клетки и целостного растения.
13. Многообразие связей дыхания и фотосинтеза в растении.
14. Рост и развитие растительного организма, их критерии.
15. Рост клетки как основа роста целостного растения.
16. Процессы дифференциации клеток и тканей. Тотипотентность клеток.
17. Культура изолированных тканей: фундаментальное и прикладное значение метода.
18. Особенности роста растительного организма. Прорастание семян.
19. Особенности роста органов растений: побега, корня.
20. Фитогормоны как регуляторы роста и развития растений. Ауксины, цитокинины, гиббереллины.
21. Фитогормоны как регуляторы роста и развития растений. Абсцизовая кислота и этилен.
22. Рост как интегральная функция растительного организма. Взаимосвязь роста с другими физиологическими процессами.
23. Движения растений, их физиологическая природа, типы движений.
24. Влияние внешних факторов на процессы роста и развития растений.
25. Гормональная концепция цветения М.Х. Чайлахяна.
26. Фотопериодизм, его роль в жизни растений.
27. Яровизация, ее физиологические механизмы.
28. Физиологические основы устойчивости растений.

29. Холодостойкость, морозоустойчивость, зимостойкость, их физиологические механизмы, адаптивная роль.
30. Жаростойкость растений.
31. Солеустойчивость. Галофиты и гликофиты.
32. 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 растительном 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.pu.ru/>

8. Материально-техническое обеспечение

Лекции по дисциплине Физиология растений проводятся в ауд.43. В ходе чтения лекций проводится показ презентаций, видеослайдов и фотографий с помощью мультимедийного проектора. Ноутбук "Lenovo" (ауд. 43); Проектор (ауд. 43)

Лабораторные занятия по дисциплине Физиология растений проводятся в специализированной лаборатории (ауд.34).

Самостоятельная работа студентов проходит в ауд.12 (компьютерный класс).

9. Программное обеспечение

MicrosoftOpenLicense (WindowsXP, 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.