

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО

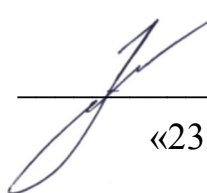
Руководитель ОПОП

 /Е.И.Кондратенко/
_____/А.Г.Тырков/

«23» июня 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ботаники,
биологии экосистем и земельных
ресурсов

 /В.Н. Пилипенко/
«23» июня 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физиология растений

Составитель

**Морозова Л.В., доцент, к.б.н.,
доцент кафедры ботаники,
биологии экосистем и
земельных ресурсов**

Направление подготовки

**44.03.05 Педагогическое образование (с двумя
профилями подготовки)**

Направленность (профиль) ОПОП

Химия и биология

Квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

Очная

Год приема (курс)

2020

Курс

3

Семестры

5-6

Астрахань 2022 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины: сформировать у студентов теоретические основы в области физиологии растений, изучение основ современной физиологии растений и формирование у студентов научного мировоззрения об основных физиологических процессах, протекающих в растительном организме, их взаимосвязи и регуляции.

Задачи:

- приобрести определенные теоретические знания о закономерностях жизнедеятельности растений;
- иметь представление о молекулярных основах сложных функций и механизмах их регуляции в системе целого организма;
- владеть современными методами изучения функций растительных организмов;
- уметь обрабатывать полученные на лабораторных занятиях результаты;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1 Учебная дисциплина (модуль) «Физиология растений» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений **Б1.В.03** и осваивается в 5 и 6 семестре.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы следующие знания, умения и навыки и (или) опыт деятельности, формируемые предшествующими дисциплинами: «Ботаника», «Биология высших растений», «Биология низших растений»,

Знать: свойства химической природы и жизненно важных соединений, основы термодинамики,

Уметь: работать со световым микроскопом, проведения лабораторных экспериментальных исследований;

Владеть: методами количественного и качественного химического анализа, регистрации физических и физиологических параметров.

2.3 Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: «Биогеография», «Фитоиндикация».

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки (специальности):

а) общекультурных (ОК): -

б) общепрофессиональных (ОПК): - ПК-1 – Способен осваивать и использовать базовые научнотеоретические знания и практические умения по предмету в профессиональной деятельности;

в) профессиональных (ПК): -

Таблица 1. Декомпозиция результатов обучения

Код и наименование компетенции	Результаты освоения дисциплины		
	Знать	Уметь	Владеть
ПК-1	ПК-1.1. Знать содержание, сущность, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области; закономерности, определяющие место предмета в общей картине мира; программы и учебники по преподаваемому	ПК-1.2. Уметь анализировать базовые предметные научно-теоретические представления о сущности, закономерностях, принципах и особенностях изучаемых явлений и процессов.	ПК-1.3. Владеть навыками понимания и системного анализа базовых научнотеоретических представлений для решения профессиональных задач

	предмету; основы обще-теоретических дисциплин в объеме, необходимом для решения педагогических, научно-методических и организационно-управленческих задач.		
--	--	--	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).

Объем дисциплины (модуля) составляет 6 зачетные единицы, в том числе 92 часа, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, из них – 46 часа лекции, 46 часов – лабораторные работы, и 124 часа - на самостоятельную работу обучающихся.

Таблица 2. Структура и содержание дисциплины (модуля)

№/п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов трудоёмкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости
			Л	ЛР	ПЗ	КР	СР	
1.	Введение в курс физиологии растений. Понятие, задачи и методы исследования.	5	2		2		8	Собеседование
2.	Физиология растительной клетки.	5	7		7		17	Собеседование, контрольная работа, лабораторная работа
3.	Водный режим растений.	5	7		7		17	Собеседование, контрольная работа, лабораторная работа
4.	Углеродное питание растений – Фотосинтез.	5	8		8		20	Собеседование, тест, контрольная работа, лабораторная работа
	ИТОГО		24		24		62	Зачет
5.	Рост и развитие растений	6	10		10		30	Собеседование, лабораторная работа
6	Основы устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды	6	12		12		32	Собеседование, тест, лабораторная работа
			22		22		62	
	ИТОГО		46		46		76	Зачет

Л – занятия лекционного типа; ПЗ – практические занятия, семинары, ЛР – лабораторные работы; КР – курсовые работы; СР – самостоятельная работа студента

Таблица 3. Матрица соотнесения тем/разделов учебной дисциплины/модуля и формируемых в них компетенций

Темы, разделы, дисциплины	Кол-во часов	Компетенции	Σ общее количество компетенций
		1	
5 семестр			
Раздел 1. Введение в курс физиологии растений. Поня-	12	ПК-1	1

тие, задачи и методы исследования.			
Раздел 2. Физиология растительной клетки	31	ПК-1	1
Раздел 3. Водный режим растений	31	ПК-1	1
Раздел 4. Углеродное питание растений – фотосинтез.	36	ПК-1	1
6 семестр			
Раздел 5. Рост и развитие растений	50	ПК-1	1
Раздел 6. Основы устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды	56	ПК-1	1
Итого	216		

Краткое содержание дисциплины (Модуля)

Раздел 1. Введение в дисциплину

Физиология растений как экспериментальная наука. Место физиологии растений в системе наук. Физиология растений как фундаментальная основа агрономической науки. Этапы развития физиологии растений. Роль отечественных ученых в развитии физиологии растений. Теоретическое и практическое значение физиологии растений. Особенности растительного организма. Социальное значение физиологии растений. Задачи физиологии растений. Единство организма и среды, взаимосвязь между структурой и функцией в растительном организме. Планетарная роль зеленых растений. Методы физиологии растений.

Раздел 2. Физиология растительной клетки

Клетка как основная структурная и функциональная единица растительного организма. Основные принципы жизнедеятельности клетки. Соматический эмбриогенез его значение в жизни растений. Тотипотентность растительной клетки. Химические вещества, входящие в состав растительной клетки. Вещества запасные, конституционные и регуляторные. Углеводы растительной клетки, липиды, белки, их состав, свойства, физиологическое значение и метаболические функции. Микроскопическая и субмикроскопическая структура клетки и ее отдельных компонентов. Физиологические функции органелл клетки. Цитоплазма, мембранный принцип организации поверхности цитоплазмы. Структура и функции мембран. Мембранный принцип организации клеточных структур. Цитоплазма как коллоидная система. Свойства цитоплазмы. Значение свойств цитоплазмы в приспособлении растений к неблагоприятным условиям среды. Раздражимость цитоплазмы и её реакции на стрессовые ситуации. Механизм возникновения потенциала действия и его передача в растении. Химический состав растительной клетки. Природа и функции основных компонентов растительной клетки. Основные классы органических соединений: углеводы растений, липиды растительной клетки, белки, нуклеиновые кислоты их строение, химический состав, свойства и физиологическое значение в растении.

Особенности обмена веществ в растительной клетке. Ферменты, их основные свойства и биологическая роль. Механизм действия ферментов. Распределение ферментов в клетке. Особенности работы ферментов в живой клетке. Изменение набора и активности ферментов в зависимости от этапов онтогенеза растений и условий внешней среды. Генная, ферментативная и метаболическая регуляции активности ферментов. Основные принципы регулирования физиологических процессов.

Раздел 3. Водный режим растений

Значение воды в жизни клетки и организма. Содержание воды в растении. Особенности структуры и свойств воды. Свободная и связанная вода в клетке, ее особенность, значение и распределение. Гомеостатическая вода разных экологических групп растений. Водный баланс растений. Водный режим и его составные части. Растительная клетка как осмотическая система. Величина осмотического потенциала в клетках растений разных экологических групп. Водный потенциал как мера активности воды. Роль набухания коллоидов в поглощении воды. Понятие об активном поступлении воды в растительную клетку. Электроосмос. Корневая система как орган поглощения воды, возникшая в процессе эволюции растений. Поступление и передвижение воды по корню. Влияние условий на поступление воды в ко-

рень. Доступная и недоступная вода в почве. Коэффициент завядания растений и его зависимость от физических свойств почвы. Определение коэффициента завядания. Понятие о транспирации, ее значение в жизни растения. Строение листа как органа транспирации. Виды транспирации, их соотношение. Устьица, особенности строения устьиц. Устьичная транспирация, этапы устьичной транспирации и её регуляцию. Механизм устьичных движений. Внеустьичная регуляция транспирации. Типы реакции устьичного аппарата на условия среды. Физиология устьичных движений. Механизмы движений устьичного аппарата при фотоактивной реакции. Методы устьичного контроля и определения интенсивности транспирации. Единицы измерения транспирации. Влияние внешних условий на интенсивность транспирации. Суточный ход устьичных движений и транспирации.

Пути и направления передвижения воды по растению. Восходящий ток и ток пластических веществ. Апопласт и симпласт. Участки передвижения воды по растению. Корневое давление, присасывающая сила листьев как двигатели водного тока. Когезия и адгезия, их роль в создании непрерывного тока воды по стеблю. Физиологические основы устойчивости растений к засухе. Засуха, виды засух и их влияние на растение. Водный дефицит, временное и глубокое завядание. Влияние водного дефицита (водного стресса) на изменение физиологических процессов в растениях. Причины гибели растений при глубоком (длительном) завядании. Физиолого-биохимические и анатомо-морфологические приспособления растений к перенесению засухи. Изменение засухоустойчивости растений в онтогенезе. Критические периоды. Меры борьбы с засухой. Физиологические основы орошения. Водный обмен у растений разных экологических групп. Особенности водообмена у суккулентов (работы Б.Б. Вартапетяна).

Раздел 4. Углеродное питание растений – фотосинтез.

Фотосинтез – значение для растений и планетарное значение. История изучения фотосинтеза. Физико-химическая сущность фотосинтеза. Значение работ К.А. Тимирязева в изучении фотосинтеза. Лист как орган фотосинтеза. Хлоропласты, структура, их состав и функции. Пигменты зеленого листа. Их химические и физические свойства. Участие хлорофилла в фотосинтезе. Основные группы пигментов зеленого листа. Хлорофиллы. Химические и физические свойства хлорофиллов. Приспособительный характер спектров поглощения хлорофиллом для максимального использования ФАР. Пигменты морских водорослей. Хроматическая адаптация морских водорослей. Состояние хлорофилла в хлоропластах. Синтез хлорофилла. Участие хлорофилла в фотосинтезе. Хлорофилл как фото-сенситизатор. Уровни возбуждения хлорофилла. Фотофизический и фотохимический этапы участия хлорофилла в фотосинтезе. Фотосинтез как окислительно-восстановительный процесс. Каротиноиды. Химическое строение, свойства. Спектры поглощения. Функции в фотосинтезе. Фикобилины. Распространение, химическое строение, спектральные свойства. Роль в фотосинтезе. Пигментные системы. Электрон-транспортная цепь фотосинтеза, природа ее основных компонентов. Представление о совместном функционировании двух фотосистем. Основные функциональные комплексы электрон-транспортной цепи - ФС1, ФС2, цитохром b6/f комплекс; их структура и функции. Образование соединений с высоким восстановительным потенциалом. Система фотоокисления воды и выделения кислорода при фотосинтезе. Значение и участие фотосистем в процессе фотосинтеза. Химизм и механизм процесса фотосинтеза. Фотосинтез как сложный процесс, состоящий из световых и темновых реакций (Исследования Блэкмана, А.А. Рихтера. Эмерсона и Арнольди). Сущность световых и темновых реакций. Происхождение кислорода, выделяемого при фотосинтезе. Световая фаза фотосинтеза. Циклический путь фотофосфорилирования. Нециклический путь фотофосфорилирования. Образование АТФ и восстановленного НАДФ. Использование мембранного потенциала для образования АТФ (теория П. Митчела). Пути углерода при фотосинтезе (темновая фаза фотосинтеза). Работы М. Кальвина по установлению природы акцептора углекислого газа. Фотосинтетический цикл усвоения углекислоты по СЗ-пути фотосинтеза (цикл Кальвина). Использование АТФ и НАДФН₂ в цикле Кальвина. Фотодыхание. С4 - путь фотосинтеза (цикл Хетча-Слэка-Карпилова). Особенности анатомического строения листа растений. С4 - пути фото-

синтеза. Особенности процесса и свойств растений. Фотосинтез по типу толстянковых (суккулентов) - САМ-метаболизм.

Раздел 5. Рост и развитие растений

Понятие об онтогенезе, росте и развитии растений. Определение роста и развития растений. Критерии роста и развития. Взаимосвязь между ростом и развитием. Молекулярно-генетические основы регуляции роста морфогенеза растений. Клеточные основы роста. Внутренние условия роста. Применение синтетических и природных регуляторов роста в растениеводстве. Гербициды и их применение. Влияние внешних условий на рост. Функциональная и морфологическая полярности. Участие фитогормонов в полярности растений. Ростовые корреляции. Движение растений. Физиологическая природа ростовых движений, значение фитогормонов. Статолитная теория. Развитие растений. Этапы развития. Развитие как постепенное развертывание генетической программы. Физиолого-морфологические и биохимические изменения в процессе развития. Влияние внешних условий на развитие. Свет как фактор роста и развития растений, фотопериодизм. Влияние температуры на рост и развитие растений, яровизация, стратификация. Внутренние факторы генеративного развития. Гормональная концепция М.Х. Чайлахяна. Движения растений, тропизмы и настии.

Раздел 6. Основы устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды

Различные виды устойчивости. Устойчивость как признак, заложенный в наследственной основе. Засухоустойчивость, жаростойкость, холодостойкость, морозостойкость растений. Причины гибели растений от неблагоприятных температурных условий. Закаливание растений, фазы закаливания. Зимостойкость, причины гибели растений от неблагоприятных зимних условий: выпревание, вымокание, выпирание, гололедица, возврат холодов. Устойчивость растений к засолению. Причины вредного влияния солей. Механизмы солеустойчивости растений. Галофиты.

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

5.1. Указания по организации и проведению лекционных, практических (семинарских) и лабораторных занятий с перечнем учебно-методического обеспечения

ФГБОУ ВО «АГУ» располагает учебно-методической и материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, лабораторной, практической и научно-исследовательской работы обучающихся (в том числе с ограниченными возможностями здоровья и студентов с инвалидностью), которые предусмотрены учебным планом ОПОП ВО по данному направлению подготовки.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие примерным программам дисциплин, рабочим учебным программам дисциплин.

Специальные помещения представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения профилактического обслуживания учебного оборудования. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ), в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, к современным профессиональным базам данных и информационно-справочным системам, состав которых определя-

ется темами рабочей программы дисциплины и подлежит ежегодному обновлению.

5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)

Таблица 4. Содержание самостоятельной работы обучающихся

Номер раздела (темы)	Темы/вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Формы работы
Раздел 1. Введение в дисциплину	История становления физиологии растений как науки Планетарная роль зеленых растений.	8	Работа с учебником, конспект, подготовка к собеседованию, конспект
Раздел 2. Физиология растительной клетки	Химический состав растительной клетки Углеводы растительной клетки, липиды, белки, их состав, свойства, физиологическое значение и метаболические функции Физиологические функции органелл клетки. Цитоплазма, мембранный принцип организации поверхности цитоплазмы. Структура и функции мембран. Цитоплазма как коллоидная система.	17	Работа с учебником, подготовка к собеседованию, подготовка к контрольной работе, конспект
Раздел 3. Водный режим растений	Значение воды в жизни клетки и организма. Свободная и связанная вода в клетке, ее особенность, значение и распределение. Растительная клетка как осмотическая система. Корневая система как орган поглощения воды, возникшая в процессе эволюции растений. Поступление и передвижение воды по корню. Строение листа как органа транспирации. Влияние внешних условий на интенсивность транспирации. Суточный ход устьичных движений и транспирации. Засуха, виды засух и их влияние на растение. Водный дефицит, временное и глубокое завядание. Влияние водного дефицита (водного стресса) на изменение физиологических процессов в растениях. Причины гибели растений при глубоком (длительном) завядании. Меры борьбы с засухой. Физиологические основы орошения. Водный обмен у растений разных экологических групп. Особенности водообмена у суккулентов (работы Б.Б. Вартапетяна).	17	Работа с учебником, подготовка к собеседованию, подготовка к контрольной работе, конспект
Раздел 4. Углеродное питание растений – фотосинтез.	История изучения фотосинтеза. Физико-химическая сущность фотосинтеза. Значение работ К.А. Тимирязева в изучении фотосинтеза. Пигменты морских водорослей. Хроматическая адаптация морских водорослей. Состояние хлорофилла в хлоропластах. Синтез хлорофилла. Участие хлорофилла в фотосинтезе. Фотосинтез как окислительно-восстановительный процесс. Система фотоокисления воды и выделения кислорода при фотосинтезе.	20	Работа с учебником, подготовка к собеседованию, подготовка к контрольной работе, подготовка к тестированию, конспект
Раздел 5. Рост и развитие растений	Внутренние условия роста. Применение синтетических и природных регуляторов роста в растениеводстве. Гербициды и их применение. Статолитная теория. Свет как фактор роста и развития растений, фотопериодизм. Влияние температуры на рост и развитие растений, яровизация, стратификация. Внутренние факторы генеративного развития. Движения растений, тропизмы и настии.	30	Работа с учебником, подготовка к собеседованию, конспект

Раздел 6. Основы устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды	Причины гибели растений от неблагоприятных температурных условий. Закаливание растений, фазы закаливания. Устойчивость растений к засолению. Причины вредного влияния солей. Механизмы солеустойчивости растений.	32	Работа с учебником, подготовка к собеседованию, подготовка к тестированию, конспект
---	---	----	---

5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины, выполняемые обучающимися самостоятельно.

Номер раздела (темы)	Темы/вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Формы работы
Раздел 1. Введение в дисциплину	История становления физиологии растений как науки Планетарная роль зеленых растений.	Конспект
Раздел 2. Физиология растительной клетки	Химический состав растительной клетки Углеводы растительной клетки, липиды, белки, их состав, свойства, физиологическое значение и метаболические функции Физиологические функции органелл клетки. Цитоплазма, мембранный принцип организации поверхности цитоплазмы. Структура и функции мембран. Цитоплазма как коллоидная система.	Конспект
Раздел 3. Водный режим растений	Значение воды в жизни клетки и организма. Свободная и связанная вода в клетке, ее особенность, значение и распределение. Растительная клетка как осмотическая система. Корневая система как орган поглощения воды, возникшая в процессе эволюции растений. Поступление и передвижение воды по корню. Строение листа как органа транспирации. Влияние внешних условий на интенсивность транспирации. Суточный ход устьичных движений и транспирации. Засуха, виды засух и их влияние на растение. Водный дефицит, временное и глубокое завядание. Влияние водного дефицита (водного стресса) на изменение физиологических процессов в растениях. Причины гибели растений при глубоком (длительном) завядании. Меры борьбы с засухой. Физиологические основы орошения. Водный обмен у растений разных экологических групп. Особенности водообмена у суккулентов (работы Б.Б. Вартапетяна).	Конспект
Раздел 4. Углеродное питание растений – фотосинтез.	История изучения фотосинтеза. Физико-химическая сущность фотосинтеза. Значение работ К.А. Тимирязева в изучении фотосинтеза. Пигменты морских водорослей. Хроматическая адаптация морских водорослей. Состояние хлорофилла в хлоропластах. Синтез хлорофилла. Участие хлорофилла в фотосинтезе. Фотосинтез как окислительно-восстановительный процесс. Система фотоокисления воды и выделения кислорода при фотосинтезе.	Конспект
Раздел 5. Рост и развитие растений	Внутренние условия роста. Применение синтетических и природных регуляторов роста в растениеводстве. Гербициды и их применение. Статолитная теория. Свет как фактор роста и развития растений, фотопериодизм. Влияние температуры на рост и развитие растений, яровизация, стратификация. Внутренние факторы генеративного развития. Движения растений, тропизмы и настии.	Конспект
Раздел 6. Основы устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды	Причины гибели растений от неблагоприятных температурных условий. Закаливание растений, фазы закаливания. Устойчивость растений к засолению. Причины вредного влияния солей. Механизмы солеустойчивости растений.	Конспект

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

6.1. Образовательные технологии

Формы используемых учебных занятий: лекции, групповые дискуссии, индивидуальные собеседования и др.

Предусмотрено использование в учебном процессе активных и интерактивных форм

проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития требуемых компетенций обучающихся.

6.2. Информационные технологии

Информационные технологии, используемые при реализации различных видов учебной и внеучебной работы:

- использование возможностей Интернета в учебном процессе (использование информационного сайта преподавателя (рассылка заданий, предоставление выполненных работ, ответы на вопросы, ознакомление учащихся с оценками и т.д.))
- использование электронных учебников и различных сайтов (например, электронные библиотеки, журналы и т.д.) как источник информации
- использование возможностей электронной почты преподавателя
- использование средств представления учебной информации (электронных учебных пособий и практикумов, применение новых технологий для проведения очных (традиционных) лекций и семинаров с использованием презентаций и т.д.)
- использование виртуальной обучающей среды (или системы управления обучением LMS Moodle «Электронное образование») или иных информационных систем, сервисов и мессенджеров.

6.3. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем Перечень лицензионного программного обеспечения 2022-2023 уч.г.

Наименование программного обеспечения	Назначение
Adobe Reader	Программа для просмотра электронных документов
Платформа дистанционного обучения LMS Moodle	Виртуальная обучающая среда
Mozilla FireFox	Браузер
Microsoft Office 2013, Microsoft Office Project 2013, Microsoft Office Visio 2013	Пакет офисных программ
7-zip	Архиватор
Microsoft Windows 7 Professional	Операционная система
Kaspersky Endpoint Security	Средство антивирусной защиты
Google Chrome	Браузер
Notepad++	Текстовый редактор
OpenOffice	Пакет офисных программ
Opera	Браузер
Paint .NET	Растровый графический редактор
Scilab	Пакет прикладных математических программ
Microsoft Security Assessment Tool. Режим доступа: http://www.microsoft.com/ru-ru/download/details.aspx?id=12273 (Free) Windows Security Risk Management Guide Tools and Templates. Режим доступа: http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=6232 (Free)	Программы для информационной безопасности
MathCad 14	Система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением
1С: Предприятие 8	Система автоматизации деятельности на предприятии
KOMPAS-3D V13	Создание трёхмерных ассоциативных моделей отдельных элементов и сборных конструкций из них
Blender	Средство создания трёхмерной компьютерной графики
PyCharm EDU	Среда разработки
R	Программная среда вычислений
VirtualBox	Программный продукт виртуализации операционных систем
VLC Player	Медиапроигрыватель
Microsoft Visual Studio	Среда разработки

Наименование программного обеспечения	Назначение
Cisco Packet Tracer	Инструмент моделирования компьютерных сетей
CodeBlocks	Кроссплатформенная среда разработки
Eclipse	Среда разработки
Lazarus	Среда разработки
PascalABC.NET	Среда разработки
VMware (Player)	Программный продукт виртуализации операционных систем
Far Manager	Файловый менеджер
Sofa Stats	Программное обеспечение для статистики, анализа и отчётности
Maple 18	Система компьютерной алгебры
WinDjView	Программа для просмотра файлов в формате DJV и DjVu
MATLAB R2014a	Пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений
Oracle SQL Developer	Среда разработки

Перечень электронно-библиотечных систем (ЭБС)

Перечень электронных ресурсов, предоставляемых Научной библиотекой АГУ на 2022 г., которые могут быть использованы для информационного обеспечения дисциплины (модуля)

1. Электронная библиотечная система IPRbooks www.iprbookshop.ru
2. Электронно-библиотечная система BOOK.ru <https://book.ru>
3. Электронная библиотечная система издательства ЮРАЙТ, раздел «Легендарные книги». www.biblio-online.ru, <https://urait.ru/>
4. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех» <https://biblio.asu.edu.ru> Учётная запись образовательного портала АГУ
5. Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента» Многопрофильный образовательный ресурс «Консультант студента» является электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретённым на основании прямых договоров с правообладателями. Каталог содержит более 15 000 наименований изданий. www.studentlibrary.ru Регистрация с компьютеров АГУ
6. Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента» Для кафедры восточных языков факультета иностранных языков. Многопрофильный образовательный ресурс «Консультант студента» является электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретённым на основании прямых договоров с правообладателями по направлению «Восточные языки» www.studentlibrary.ru Регистрация с компьютеров АГУ
7. Электронно-образовательный ресурс для иностранных студентов «РУССКИЙ ЯЗЫК КАК ИНОСТРАННЫЙ» www.ros-edu.ru

Перечень современных профессиональных баз данных, информационных справочных систем

1. Универсальная справочно-информационная полнотекстовая база данных периодических изданий ООО «ИВИС» <http://dlib.eastview.com> (Имя пользователя: AstrGU Пароль: AstrGU)
2. Электронные версии периодических изданий, размещённые на сайте информационных ресурсов www.polpred.com
3. Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем» <https://library.asu.edu.ru/catalog/>
4. Электронный каталог «Научные журналы АГУ» <https://journal.asu.edu.ru/>

Корпоративный проект Ассоциации региональных библиотечных консорциумов (АРБИКОН) «Межрегиональная аналитическая роспись статей» (МАРС) – сводная база данных, содержащая полную аналитическую роспись 1800 названий журналов по разным отраслям знаний. Участники проекта предоставляют друг другу электронные копии отсканированных статей из книг, сборников, журналов, содержащихся в фондах их библиотек. <http://mars.arbicon.ru>

5. Справочная правовая система КонсультантПлюс.

Содержится огромный массив справочной правовой информации, российское и региональное законодательство, судебную практику, финансовые и кадровые консультации, консультации для бюджетных организаций, комментарии законодательства, формы документов, проекты нормативных правовых актов, международные правовые акты, правовые акты, технические нормы и правила. <http://www.consultant.ru>

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Паспорт фонда оценочных средств.

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «Физиология растений» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин (модулей) и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины (модуля) – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

Таблица 5. Соответствие изучаемых разделов, результатов обучения и оценочных средств

п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины*	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
5 семестр			
1	Раздел 1. Введение в дисциплину	ПК-1	Собеседование
2	Раздел 2. Физиология растительной клетки	ПК-1	Собеседование, контрольная работа, лабораторная работа
3	Раздел 3. Водный режим растений	ПК-1	Собеседование, контрольная работа, лабораторная работа
4	Раздел 4. Углеродное питание растений – фотосинтез.	ПК-1	Собеседование, тест, лабораторная работа
6 семестр			
5	Раздел 5. Рост и развитие растений	ПК-1	Собеседование, контрольная работа, лабораторная работа
6	Раздел 6. Основы устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды	ПК-1	Собеседование, тест, лабораторная работа

Для оценивания результатов обучения в виде **знаний** используются следующие типы контроля:

- тестирование;
- индивидуальное собеседование,
- письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде **умений и владений** используются следующие типы контроля:

- практические контрольные задания.

Типы практических контрольных заданий:

- задания на установление правильной последовательности, взаимосвязанности действий, выяснения влияния различных факторов на результаты выполнения задания;
- установление последовательности (описать алгоритм выполнения действия),
- задания на оценку эффективности выполнения действия.

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Таблица 6. Критерии оценивания результатов обучения

5 «отлично»	-дается комплексная оценка предложенной ситуации; -демонстрируются глубокие знания теоретического материала и умение их применять; - последовательное, правильное выполнение всех заданий; -умение обоснованно излагать свои мысли, делать необходимые выводы.
4 «хорошо»	-дается комплексная оценка предложенной ситуации; -демонстрируются глубокие знания теоретического материала и умение их применять; - последовательное, правильное выполнение всех заданий; -возможны единичные ошибки, исправляемые самим студентом после замечания преподавателя; -умение обоснованно излагать свои мысли, делать необходимые выводы.
3 «удовлетворительно»	-затруднения с комплексной оценкой предложенной ситуации; -неполное теоретическое обоснование, требующее наводящих вопросов преподавателя; -выполнение заданий при подсказке преподавателя; - затруднения в формулировке выводов.
2 «неудовлетворительно»	- неправильная оценка предложенной ситуации; -отсутствие теоретического обоснования выполнения заданий.

Таблица 7

Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений

5 «отлично»	- демонстрируются глубокие знания теоретического материала и умение их применять; - последовательное, правильное выполнение всех заданий; - умение обоснованно излагать свои мысли, делать необходимые выводы.
4 «хорошо»	- дается комплексная оценка предложенной ситуации; - демонстрируются глубокие знания теоретического материала и умение их применять; - последовательное, правильное выполнение всех заданий; - возможны единичные ошибки, исправляемые самим студентом после замечания преподавателя; - умение обоснованно излагать свои мысли, делать необходимые выводы.
3 «удовлетворительно»	- затруднения с комплексной оценкой предложенной ситуации; - неполное теоретическое обоснование, требующее наводящих вопросов преподавателя; - выполнение заданий при подсказке преподавателя; - затруднения в формулировке выводов.
2 «неудовлетворительно»	- неправильная оценка предложенной ситуации; - отсутствие теоретического обоснования выполнения заданий.

7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Тематика и вопросы контрольных работ

Тема №2: Физиология растительной клетки

1. Клетка как основная структурная и функциональная единица растительного организма. Функциональные особенности клеток одноклеточного и многоклеточного организма. В чем заключается единство многоклеточного растительного организма.

2. Соматический эмбриогенез клеток растений. Условия для его проявления. Сущность

и значение тотипотентности растительных клеток многоклеточных растительных организмов. Почему отдельные клетки в многоклеточном растительном организме не реализуют полностью генофонд?

3. Особенности организации растительной клетки. Физиологические функции оргanelл растительной клетки, их структура в связи с выполняемой функцией.

4. Строение цитоплазмы. Пограничные мембраны цитоплазмы. Современное представление о структуре и составе клеточных мембран. Свойства и функции мембран в растительной клетке

Тема №3: Водный обмен растений.

1. Значение воды в жизни растения. Содержание воды в растении. Гомеостатическая вода и её значение для растений разных экологических групп.

2. Физико-химические свойства воды. Состояние воды в клетке. Свободная и связанная вода, виды связанной воды, Значение свободной и связанной воды в жизнедеятельности клетки и приспособлениях растений к условиям среды произрастания.

3. Водный баланс и водный обмен, составные части и их значение. Почему необходимо поддерживать водный баланс, причины нарушения водного баланса и его последствия.

4. Механизмы поступления воды в клетку: Осмос, Клетка как осмотическая система. Осмотическое давление (осмотический потенциал.). Формула расчета осмотического потенциала для электролитов и неэлектролитов; значение осмотический потенциал клетки в поглощении воды.

5. Водный потенциалы клетки как мера активности поступающей воды в клетку. Возникновение тургорного давления и его значение для проявления водного потенциала. Изменение водного потенциала (сосущей силы) клетки в зависимости от степени насыщения клетки водой.

6. Пиноцитоз, Матричный и электрохимический потенциалы их природа и значение в поглощении воды клеткой. Аквапорины, их строение и значение в поглощении и передвижении воды между клетками.

Тема №4: Фотосинтез

1. Сущность световой фазы фотосинтеза. Фотофизический и фотохимический этапы световой фазы фотосинтеза, что в них происходит? Природа выделяемого кислорода. Работы Р.Хила, А.П Виноградова и Р.В. Тейс.

2. Циклическое фотофосфорилирование, схема и состав компонентов электрон-транспортной (ЭТЦ), описать потока электрона. Характеристика процесса и продукты цикла.

3. Нециклическое фотофосфорилирование, роль ФС I и ФС II, компоненты электрон-транспортной цепи (ЭТЦ), описать потока электрона и продукты, образуемые в этом процессе. Где происходит фотолиз воды и его значение.

4. Образование АТФ и НАДФН. Фактор сопряжения его структура и значение составных частей. Каким путем образуется разность электрохимического потенциала на мембранах тилакоида и его участие в образовании АТФ. Химизм образования АТФ и НАДФН.

6. Сущность темновой фазы фотосинтеза. Работы Кальвина по установлению акцептор CO_2 . Этапы цикла Кальвина в превращении CO_2 в темновой фазе, и их продукты. Почему цикл Кальвина называют C_3 -путь фотосинтеза.

Вопросы для собеседования

Тема №2: Физиология растительной клетки

1. Состав органических и неорганических веществ. Основные органические вещества растительной клетки.

2. Взаимопревращение веществ в растительной клетке. Физиологические группы веществ, их свойства и роль в обмене веществ. Связь структуры вещества с его функцией.

3. Особенности обмена веществ в растительной клетке Ферменты растительной клетки их химическая природа, свойства и значение.
4. Ферменты однокомпонентные и двухкомпонентные, апофермент и кофермент, их состав и значение в работе ферментов.
5. Специфичность и активность одно- и двухкомпонентных ферментов.
6. Механизм работы ферментов. Реакционный центр особенности его строения и значение. Особенности работы ферментов в живой клетке.

Тема№3: Водный обмен растений

1. Поглощение воды корнем. Передвижение воды по корню.
2. Возникновение корня в филогенезе. Поступление и передвижение воды по корню (радиальный транспорт), Пути, направление и механизм передвижения воды по корню. Значение эндодермы как физиологического барьера.
3. Корневое давление, его значение. Что такое «плач» и гуттация , их причины и условия проявления
4. Расходование воды растением.
5. Понятие о транспирации, особенности транспирации как физиологического саморегулируемого процесса. Значение транспирации для растений. Почему транспирация считается приспособление растений к наземному существованию?
6. Связь транспирации с другими физиологическими процессами растений. Единицы измерения транспирации (количественные и качественные). Лист как орган транспирации. Как определить интенсивность транспирации?
7. Виды транспирации, их соотношение и значение в регуляции транспирации. Этапы устьичной транспирации, их значение в регуляции транспирации. Внеустьичная регуляция транспирации, где и как она происходит.
8. Распределение и количество устьиц на листовой поверхности. Особенности испарения воды через устьица, в чем суть краевого эффекта испарения воды из мелких отверстий (закон Стефана). Что такое относительная транспирация, что показывает её определение.
9. Влияние внутренних и внешних условий на интенсивность транспирации.
10. Влияние условий на степень открытия устьиц. Гидропассивные, гидроактивные и фотоактивные реакции устьиц и механизмы устьичных движений при этих реакциях.
11. Суточный ход транспирации и устьичных движений. Как может меняться суточный ход устьичных движений у растений от изменения условий?
12. Влияние внешних условий на интенсивность транспирации.
13. Влияние внутренних условий на интенсивность транспирации.
14. Необходимость передвижения воды по растению. Анатомо-физиологические участки этапов в передвижения воды по растению, их особенности, строение и соотношение.
15. Двигатели водного тока по растению, их характеристика и значение в передвижении воды по растению.
16. Значение непрерывности водного тока по растению. Когезия и адгезия и их роль в непрерывности водного тока.
17. Причины и виды засух. Влияние засухи на растения. Временное завядание, глубокое длительное завядание значение завядания.
18. Физиологические особенности устойчивых растений к засухе. Изменение засухоустойчивости в онтогенезе растений. Правило (закон) Заленского. Критические периоды в онтогенезе растений в отношении к водному стрессу.

Тема№4: Фотосинтез

1. Фотосинтез как сложный процесс, состоящий из световых и темновых реакций. Вклад К.А. Тимирязева, А.А. Рихтера, Блэкмана в установлении этих реакций их продолжительности (Р. Эмерсона, У. Арнольди.)

2. Образование АТФ и НАДФН. Фактор сопряжения его структура и значение составных частей. Каким путем образуется разность электрохимического потенциала на мембранах тилакоида и его участие в образовании АТФ. Химизм образования АТФ и НАДФН.

3. Химизм процесса превращения CO_2 у растений с C_4 –путем фотосинтеза, в каких клетках листа и в какое время. Акцепторы CO_2 , продукты первичного карбоксилирования акцептора, второе карбоксилирование. Где и как это происходит, продукты и его значение. Почему у C_4 -пути не обнаруживается фотодыхание.

4. Биологическое, биохимическое и продуктивное преимущество растений C_4 -пути перед C_3 -путем фотосинтеза, в чем оно заключается?

5. Растения САМ-пути фотосинтеза, их биологические особенности. Первичный акцептор CO_2 , время его карбоксилирования и место накопления продукта, время и место второго этапа усвоения и превращения CO_2 в углеводы. Схема химизма процесса.

6. C_4 -путь фотосинтеза (Цикл Хэтча-Слэка, Карпилова). Почему процесс называется C_4 путь. Причины возникновения этого пути и у каких растений. Особенности анатомического строения мезофилла листа. Значение клеток мезофилла и клеток обкладок в фотосинтезе.. Биологические особенности растений с C_4 -путем фотосинтеза

Тестирование по теме «фотосинтез»

Вариант 1.

1. Во время какого этапа фотосинтеза происходит реакция фосфорилирования?

- 1) фотофизического 2) фотохимического 3) темновой фазе

2. Укажите, какие признаки характерны для C_4 -пути фотосинтеза (цикл Хэтча-Слэка-Карпилова):

- 1) карбоксилирование происходит 2 раза в цикле,
2) продуктом карбоксилирования акцептора является четырехуглеродное соединение,
3) в результате карбоксилирования образуется четыре соединения.

3. На каком этапе фотосинтеза образуется свободный кислород?

- 1) на фотофизическом этапе световой фазы,
2) на фотохимическом этапе световой фазы,
3) в темновой фазы.

4. Растение имеет компенсационную точку при следующих значениях интенсивности света (в лк). Какое из этих растений является наиболее светолюбивым?

- 1) 100 2) 50 3) 200

5. Какие продукты первичного восстановления после карбоксилирования образуются в фазах циклов усвоения CO_2 :

- | | |
|------------------------|-----------------------------|
| 1. В цикле Кальвина | А. ФГА и ФДА |
| 2. В цикле Хэтча-Слэка | Б. Малат (яблочная кислота) |
| | В. ЦУК |
| | Г. ФГК |
| | Д. ФЭП |

6. Какое приспособление, уменьшающее потерю воды через устьица, имеют растения с САМ – метаболизмом фотосинтеза

1. Высокая вязкость цитоплазмы
2. Мощно развитая кутикула
3. Изменение пути усвоения углекислого газа.
4. Закрывание устьиц в дневное время

7. Световой компенсационный пункт у теневыносливых высших растений наступает при от полного света.

- 1) около 5%
- 2) около 1%
- 3) около 3%

8. Какое соединение является первичным продуктом карбоксилирования у C₄-растений.

1. Пировиноградная кислота.
2. Щавелевоуксусная кислота
3. Яблочная кислота
4. Фосфоэнолпировиноградная кислота.

9. При образовании АТФ в хлоропластах протон водорода перетекает с внутренней на внешнюю сторону мембраны тилакоида через:

1. фактор сопряжения
2. АТФ-азу
- 3) белковый транспортный коридор

10. Фотодыхание у растений с C₃-путем фотосинтеза обусловлено:

1. Присоединением O₂ при его избытке на свету к РДФ вместо CO₂ с образованием гликолевой кислоты, которая декарбоксилируется с выделением CO₂.
2. Избыток кислорода на свету способствует усилению процесса дыхания и расходованию продуктов фотосинтеза с выделением CO₂.
3. Свет усиливает активность ферментов распада углеводов с выделением CO₂.

11. На регенерацию 3-х молекул акцептора углекислого газа рибулёзо-1,5-дифосфата в цикле Кальвина используется молекул ФГА (фосфоглицеринового альдегида)

- 1) 5
- 2) 10
- 3) 3

12. Для определения интенсивности фотосинтеза в суммарном уравнении не используются:

1. Кислород
2. Углекислый газ
3. Вода
4. Глюкоза

13. Темновая фаза фотосинтеза заключается в том, что

1. протекает только в темное время суток.
2. не нуждается в энергии солнечного света.
3. связана с реакциями, протекающими без энергии света.
4. превращение углекислого газа происходит в химических реакциях за счет энергии, запасенной в световой фазе.

14. Оптимальное насыщение ткани листа водой для оптимального фотосинтеза составляет

- 1) 50 – 70%
- 2) 100%
- 3.) 80 – 85%
- 4) 90-95%

15. У каких растений не наблюдается световое насыщение?

1. С C₃ - путем фотосинтеза
2. С САМ - путем фотосинтеза
3. С C₄ – путем фотосинтеза

16. Какое соединение является акцептором углекислого газа в цикле Кальвина?

1. 3-фосфоглицериновая кислота (3-ФГК)
2. Фосфоэнолпировиноградная кислота (ФЭПК)
3. Рибулёзо-1,5-дифосфат (РДФ)
4. Фосфоглицериновый альдегид (ФГА)

17. Определить правильную последовательность переноса возбужденного светом электрона хлорофилла в ЭТЦ нециклического фотофосфорилирования

1. Активированный электрон второй ПС выходит на синглетный уровень→феофитин → пластохинон→ принятие 2-х протонов Н→выброс протонов Н на внутреннюю сторону мембраны тилакоида→ перенос пластохиноном электрона на цитохром *f* с образованием АТФ→ пластоцианид→ хлорофилл Р-700 первой пигментной системы.

2. Активированный электрон второй ПС выходит на синглетный уровень→ переходит на цитохром *f* с образованием АТФ→ пластохинон → принятие 2-х протонов Н→ выброс протонов на внутреннюю сторону мембраны тилакоида→перенос на пластоцианид→ через феофитин→ на хлорофилл Р-700 первой пигментной системы.

3. Активированный электрон второй пигментной системы выходит на синглетный уровень→феофитин→ пластохинон→ принятие 2-х протонов Н→выброс протонов на внутреннюю сторону мембраны тилакоида→через пластоцианид→ цитохром *f* с образованием АТФ→ переход на хлорофилл Р-700 первой пигментной системы.

18. У растений усвоение и превращение CO₂ происходит у

- | | |
|--------------------------|--|
| 1. C ₃ – пути | А. Одновременно и в хлоропластах тех же клеток |
| 2. C ₄ – пути | Б. Одновременно, но в разных клетках |
| 3. САМ – пути | В. В разное время и в хлоропластах разных клеток |
| | Г. В разное время в хлоропластах тех же клеток |

19. Фотодыхание у растений с C₄-путем фотосинтеза не обнаруживается потому что

1. CO₂ , выделяемый при фотодыхании , включается в клетках мезофилла листа в ЦУК и малат и реассимилируется.

2. у них РДФ-карбоксилаза более защищена в мезофилле листа от контакта с кислородом, выделяемого при фотосинтезе.

3. у них РДФ-карбоксилаза менее активна, чем у C₃-растений.

20. C₄-путь фотосинтеза называют потому, что после карбоксилирования

1. образуются соединения с четырьмя углеродными атомами.

2. в превращении участвует 4 молекулы CO₂

3. образуется четыре углеродистых соединения ФЭПК, ЦУК, ФГК, ФГА.

21. Сколько протонов водорода, поступившего в фактор сопряжения используется на синтез АТФ

1. 1
2. 3
3. 2

22. Биологически урожай это:

1. Масса органического вещества, образуемая растением в течение жизни.

2. Масса органического вещества, образуемая на 1 м² течение дня.

3. Масса органического вещества, образуемая растением при фотосинтезе за каждый день

23. Фотолиз воды происходит с выделением кислорода

1. В циклическом фотофосфорилировании

2. В нециклическом фотофосфорилировании.

3. С участием первой и второй пигментных систем.

24. Энергетические эквиваленты световой фазы фотосинтеза образуются в

- | | |
|---------------------------------------|----------|
| 1. В циклическом фотофосфорилировании | А. НАДФН |
| 2. Нециклическом фотофосфорилировании | Б. ФАДН |
| | В. АТФ |

25. Образование АТФ в процессе фотосинтеза объясняется теорией:

- 1, хемотротической
2. электрохимической
3. электропотенциометрической

Промежуточное тестирование по теме «Фотосинтез»

Вариант 2

1. К какому этапу световой фазы фотосинтеза относится транспорт электронов по электронно-транспортной цепи?

- 1) к фотохимическому
- 2) к фотофизическому

2. Какие из перечисленных признаков характерны для темновых реакций фотосинтеза?

- 1) для их осуществления требуется полное отсутствие света и наличие H_2O , НАДФ
- 2) протекают быстрее световых и сопровождаются выделением O_2 , и поглощением CO_2
- 3) для их протекания свет не обязателен, нужен CO_2 , и энергия АТФ и восстановленный НАДФН

3. Какие факторы, исходя из общего уравнения фотосинтеза, должны влиять на скорость этого процесса

1. минеральное питание температура
2. водоснабжение, концентрация CO_2 и интенсивность света
3. спектральный состав света, концентрация O_2

4. Что служит источником энергии при синтезе АТФ в хлоропластах?

- 1) свет, 2) тепло, 3) органические соединения.

5. Укажите элементы минерального питания, нехватка которых вызывает торможение фотосинтеза:

- 1) K, P, Mn, Mg, N, Fe,
- 2) Co, Zn, B, S, Pb, Li,
- 3) Cu, I, Ba, Ca, Hg, Ag.

6. Фотолиз воды происходит с выделением кислорода

1. В циклическом фотофосфорилировании
2. В нециклическом фотофосфорилировании
3. С участием первой и второй пигментных систем.

7. Продолжительность протекания фаз фотосинтеза

- | | |
|------------------|-----------------|
| 1. Темновая фаза | А. 0.001 сек |
| 2. Световая фаза | Б. 0.04 сек |
| | В. 0,000001 сек |
| | Г. 0.008 сек |

8. Первичным устойчивым продуктом фазы карбоксилирования в цикле Кальвина является

1. 3-ФГК (3-фосфоглицериновая кислота)
2. 3-ФГА (3-фосфоглицериновый альдегид)
3. 3-ФДА (3-фосфодиоксиацетон)
4. 1,5-ФБФ (фруктозо-1,5-дифосфат)

9. **Конечным продуктом темновой фазы фотосинтеза в цикле Кальвина является**
1. АТФ и НАДФН₂.
 2. Кислород и активный водород, необходимый для восстановления CO₂.
 3. Крахмал.
10. **C₃-путь фотосинтеза назвали потому, что после карбоксилирования**
1. образуются соединения с тремя углеродными атомами (триозы)
 2. в процессе карбоксилирования усваивается три молекулы CO₂
 3. Образуется три углеродных соединения ПВК, ФГК, и ФГА.
11. **При образовании АТФ в хлоропластах протоны водорода перетекают с внутренней на внешнюю сторону мембраны тилакоида через:**
1. Фактор сопряжения
 2. АТФ-азу
 3. Белковый транспортный коридор
12. **Какое приспособление, уменьшающее потерю воды через устьица, имеют растения с САМ – метаболизмом фотосинтеза**
1. Высокая вязкость цитоплазмы
 2. Мощно развитая кутикула
 3. Изменение пути усвоения углекислого газа.
 4. Закрывание устьиц в дневное время
13. **Фотодыхание у растений с C₃-путем фотосинтеза обусловлено:**
1. Присоединением O₂ при его избытке на свету к РДФ вместо CO₂ с образованием гликолевой кислоты, которая декарбоксилируется с выделением CO₂.
 2. Избыток кислорода на свету способствует усилению процесса дыхания и расходу продуктов фотосинтеза с выделением CO₂.
 3. Свет усиливает активность ферментов распада углеводов с выделением CO₂.
14. **Во время какого этапа фотосинтеза происходит реакция фотофосфорилирования?**
- 1) фотофизического 2) фотохимического 3) темновой фазы
15. **Соотношение хлорофилла «а» и «б» составляет у растений**
- | | |
|-------------------|----------|
| 1) светолюбивых | А. 3:1 |
| 2) теневыносливых | Б. 1:1 |
| | В. 2,5:1 |
| | Г. 1:3 |
16. **Температурный оптимум для фотосинтеза у растений:**
- | | |
|---------------------------|------------|
| 1. C ₃ – видов | А. 25 -30 |
| 2. C ₄ – видов | Б. 20 -25 |
| 4. САМ – видов | В. 30 - 40 |
| | Г. 35 - 40 |
17. **У каких растений не наблюдается световое насыщение?**
1. C₃ - путем фотосинтеза
 2. САМ - путем фотосинтеза
 3. C₄ – путем фотосинтеза
18. **Какое соединение является акцептором углекислого газа в цикле Кальвина?**
1. 3-фосфоглицериновая кислота (3-ФГК)
 2. Фосфоэнолпировиноградная кислота (ФЭПК)
 3. Рибулезо-1,5-дифосфат (РДФ)

4. Фосфоглицериновый альдегид (ФГА)

19. Определите правильную последовательность переноса возбужденного электрона в ЭТЦ циклического фотофосфорилирования

1. Активация электрона хлорофилла светом и выход его на синглетный уровень → переход на акцептор Fe-S- белок → передача на ферридоксин (Фд) → поэтапно на цитохром b_6 → цитохром f с образованием АТФ → пластоцианид → пигмент Р-700 первой ПС.

2. Активация электрона хлорофилла светом и выход его на синглетный уровень → переход на ферридоксин → через Fe-S-белок на → цитохром b_6 с образованием АТФ → поэтапно на цитохром f → пластоцианид → пигмент Р-700 первой ПС.

3. Активация электрона хлорофилла светом и выход его на синглетный уровень → переход на акцептор Fe-S-белок → перенос на ферридоксин → поэтапно на цитохром b_6 → цитохром f с образованием АТФ → пластоцианид → пигмент Р-682 второй ПС.

20. Фотосинтетически активная радиация (ФАР) это:

1. Лучи видимой части спектра, поглощаемые хлорофиллом, являющихся энергетической основой фотосинтеза.

2. Поток световой энергии солнечного спектра, поглощаемые листовой поверхностью.

3. Количество падающего солнечного света на поверхность листа и, поглощаемая пигментами

21. Световая фаза заключается:

1. в фотохимическом окислении воды, активировании электрона и протона воды, и образовании АТФ и НАДФН

2. в улавливании кванта света хлорофиллом, преобразование энергии в АТФ, используемой на образование органического вещества

3. в фотоокислении воды с выделением кислорода, активирование электрона и протона водорода воды с запасанием энергии в АТФ и НАДФН

22. Сколько протонов водорода поступает в фактор сопряжения на образование АТФ:

1. 6

2. 3

3. 2

23. Оптимальный индекс листовой поверхности составляет в посевах:

1. Для пшеницы А. 5-7

2. Для баклажан Б. 10-15

3. для свеклы В. 3-5

Г. 6-8

24. Чиста продуктивность фотосинтеза это:

1. количество граммов сухого вещества, образуемого при фотосинтезе за вычетом расхода сухого вещества на дыхание.

2. Количество граммов сухого вещества, образуемого при фотосинтезе в течение дня.

3. Количество граммов сухого вещества, образуемого при фотосинтезе за сутки.

25. Интенсивность фотосинтеза это:

1. Количество накопленного вещества мг/ г, сырого веса,

2. или поглощение CO_2 , или выделение O_2 с единицы поверхности листа $дм^2, м^2$ за час.

3. или поглощение CO_2 , или выделение O_2 с единицы поверхности листа $дм^2, м^2$

за световой день.

Лабораторные работы
Раздел 2. Физиология растительной клетки
Лабораторная работа №1. Явление плазмолиза и деплазмолиза

Цель опыта: Изучить различную степень проницаемости цитоплазмы для воды и минеральных веществ.

Растения находятся в условиях постоянного взаимодействия с окружающей средой. Одним из моментов этого взаимодействия является связь корня с почвой, из которой он поглощает воду и элементы минерального питания. Для этого протоплазма клеток корня обладает свойством особой избирательной полупроницаемости. Для поглощения воды клетка представляет собой идеальную осмотическую систему, позволяющую поглощать её легко и быстро. В то же время, она обладает свойством поглощать и минеральные вещества, но значительно менее активно. В силу строения цитоплазмы клеток и её пограничных мембран плазмалеммы и тонопласта, живая клетка поглощает вещества избирательно и с разной скоростью, а для некоторых она вообще не проницаема, например, для пигментов клеточного сока. Растительная клетка состоит из прочной клеточной стенки, через которую свободно диффундируют любые растворенные вещества в протопласт и вакуоли. Вакуоль заполнена клеточным соком с растворенными в ней органическими и минеральными веществами и поэтому обладает потенциальным осмотическим давлением, которое реализуется при погружении клетки в растворы с разной концентрацией солей, и способного поглощать или отдавать быстрее воду, чем растворенных в ней вещества. Вода или растворенные соли диффундируют по градиенту их концентрации. В гипертоническом растворе, с более высокой концентрацией солей, чем концентрация клеточного сока, вода из вакуоли перемещается в более концентрированный наружный раствор значительно быстрее, чем проникают соли в

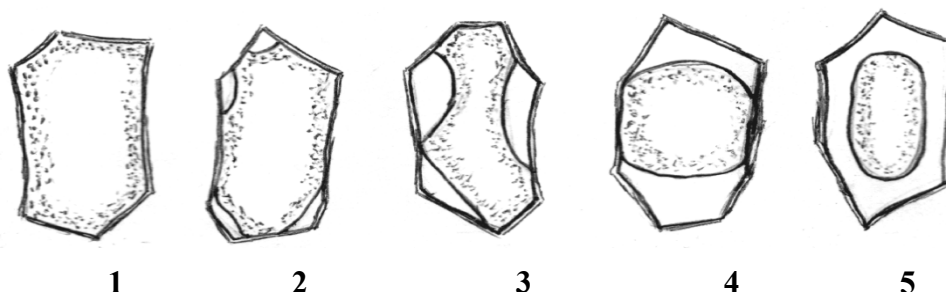


Рис. 1 Различные формы плазмолиза: 1 – Клетка в воде, нет плазмолиза. Клетки в гипертоническом растворе: 2 – угольный плазмолиз; 3 – вогнутый плазмолиз; 4, 5 – Разная степень выпуклого плазмолиза

клетку, в котором градиент ниже чем воды в клеточном соке. При потере воды в гипертоническом растворе падает тургор клеточной стенки, уменьшается объем вакуоли, и цитоплазма отстает от оболочки, а пустоты между цитоплазмой и клеточной стенкой заполняются плазмолитиком. Это явление получило название плазмолиза. Плазмолиз – отставание цитоплазмы от стенок клетки в гипертоническом растворе, вследствие потери воды вакуолью и уменьшения её объема.

Плазмолиз наступает не сразу и имеет несколько этапов. Сначала цитоплазма отстает от оболочки по углам (угольный плазмолиз, на рис. 1 поз. 2), затем во многих местах образуются вогнутые поверхности (вогнутый плазмолиз, на рис. поз. 3) и, наконец, приобретает округлую форму (выпуклый плазмолиз, на рис. поз. 4, 5). Плазмолиз хорошо заметен в клетках с окрашенным клеточным соком, или окрашенном в растворе нейтрального красного. Плазмолиз может наступать только при условии разной проницаемости растворителя и растворенных веществ. К плазмолизу способна только живая клетка, в убитой клетке плазмолиз невозможен так как цитоплазма теряет свойство полупроницаемости и становится

полностью проницаемой (сквозная проницаемость), как для воды, так и растворенных в ней веществ. Плазмолиз – обратимый процесс. У погруженной плазмолизированной клетки в чистую воду, плазмолиз исчезает, наступает деплазмолиз. Причем деплазмолиз наступает быстрее чем плазмолиз и без промежуточных форм.

Материалы и оборудование: Луковица синего лука, 1 М раствор сахарозы, лучше NaCl, скальпель, препаровальная игла, микроскоп, предметные и покровные стекла, полоски фильтровальной бумага, спиртовка, спички, марлевые салфетки.

Ход работы: С помощью препаровальной иглы подорвать эпидермис с морфологически нижней окрашенной стороны чешуи луковицы и пинцетом, захватив за край надреза эпидермиса осторожно содрать его. Желательно чтобы такой срез был однослойным. Поместить срезы в каплю воды на предметное стекло, закрыть покровным стеклом и рассмотреть в микроскоп клетки, заполненные окрашенным клеточным соком. Затем заменить воду на 1 М раствор сахарозы или 1 М NaCl (последний дает более быстрый, четкий и устойчивый плазмолиз), для чего нанести на предметное стекло рядом с краем покровного большую каплю раствора и отсосать воду кусочком фильтровальной бумаги, прикладывая его с другой стороны покровного стекла. Повторить этот прием 2-3 раза до полной замены воды раствором. Следить в микроскоп за тем, что происходит в клетках, наблюдая за скоростью плазмолиза и его этапами. Через 15-20 мин. когда плазмолиз ярко выражен, это обычно уже выпуклый плазмолиз, ввести под покровное стекло каплю чистой воды, также используя фильтровальную бумагу и вновь наблюдать за изменениями, происходящими в клетках. Приготовить второй срез эпидермиса, поместить его в большую каплю воды на предметное стекло и убить клетки, нагревая препарат на пламени спиртовки (нагревать следует осторожно, не допуская полного испарения воды). Отсосать воду фильтровальной бумагой, нанести на срез каплю используемого плазмолитика, закрыть покровным стеклом и рассмотреть препарат в микроскоп, через несколько минут. Установить, происходит ли плазмолиз.

Описать результаты всех наблюдений и сделать схематические рисунки клеток в воде и в растворе плазмолитика, и обозначить формы плазмолиза и состояние клетки

Сделать выводы, ответить на следующие вопросы:

1. Что такое плазмолиз и каковы его причины?
2. Почему наступает плазмолиз?
3. Как происходит деплазмолиз?
4. Способны ли плазмолизироваться мертвые клетки?
5. В каком случае вода будет поступать в корневой волосок корня из почвы?
6. Можно ли использовать метод плазмолиза для диагностики жизнеспособности клеток органов растения, перенесшего резкие воздействия неблагоприятных условий среды (перезимовка озимых, почек плодовых растений и др)

Описать результаты наблюдений и сделать выводы. (по вопросам)

Лабораторная работа №2. Изменение проницаемости цитоплазмы при повреждающем действии различных факторов среды

Цель опыта. *Выяснить степень повреждающего действия внешних факторов на избирательную полупроницаемость цитоплазмы и определить механизм их действия.*

Важнейшим свойством клеточных пограничных мембран плазмалеммы и тонопласта – избирательная полупроницаемость, благодаря чему через них проходят молекулы только определённых веществ, для других они непроницаемы, например, для пигментов клеточного сока.

Избирательная проницаемость мембран цитоплазмы сохраняется до тех пор, пока клетка остаётся живой и способной поддерживать их структуру. Любой фактор внешней среды, приводящий к гибели клетки, или нарушение структуры цитоплазмы и компонентов пограничных мембран, приводит к увеличению проницаемости, вплоть до полной (сквозной) проницаемости. Это хорошо демонстрируется на клетках ткани корнеплода столовой свеклы, в которой в вакуолях содержится – бетацианин – пигмент, придающий корнеплоду окраску. Тонoplast живых клеток непроницаем для молекул этого пигмента. При потере этого свойства клеточный сок выходит из клетки в наружную среду. По степени окраски раствора в пробирке можно судить о степени повреждения клетки

Материалы и оборудование: корнеплод красной столовой свеклы, штатив с 5 пробирками, спиртовка, спички, кристаллизатор с водопроводной водой, хлороформ, 30% уксусная кислота, 50% спирт, пробочное сверло диаметром 0,5-0,7 см или скальпель, химический стакан с дистиллированной водой, мерный цилиндр на 10 -20 мл.

Ход работы: Вырезают из красной столовой свеклы пробочным сверлом с D 0,5 см или скальпелем брусочки размером примерно 2 x 0,5-0,7 см, входящие по диаметру в пробирки. Выравнить брусочки, удаляя ткань со стороны коры, чтобы они во всех пробирках были одинаковы по объему. Вырезанные брусочки тщательно промыть под водопроводной водой или в кристаллизаторе с водой. Затем их поместить по 1-2 в каждую из пяти пробирок и залить равным объемом следующими жидкостями, по схеме, указанной в таблице

№ пробирки	Степень окраски растворов в пробирках с тканью свеклы				
	1	2	3	4	5
Варианты опыта	10 мл дистиллированной воды		10 мл дистиллированной воды + 5 мл хлороформа	10 мл 30% Уксусной кислоты	10 мл 50% спирта
	без кипячен.	кипячение 1,5-2,0 минуты			
Окраска раствора					

Раствор с хлороформом и тканью свеклы тщательно встряхнуть, так как хлороформ не смешивается с водой.

Пробирку № 2 с кусочком свеклы, погруженным в воду, кипятить в течение 1,5-2 мин, чтобы убить клетки. Через 30 мин описать результаты опыта. Встряхнуть пробирки и по интенсивности окраски раствора в пробирках сделать вывод о силе повреждения растительной ткани различными факторами, записав окраску раствора в таблицу.

Выявить изменение проницаемости мембран клеток тканей в зависимости от действия разных факторов и сделать выводы о механизме их действия на цитоплазму и компоненты пограничных мембран, приводящих к потере цитоплазмой полупроницаемости и выходу через неё ранее не проницаемого пигмента клеточного сока.

Описать результаты наблюдений и оформить выводы о механизме влияния разных факторов на полупроницаемость плазмалеммы

Лабораторная работа №3. Определение осмотического потенциала (осмотического давления) клеточного сока методом плазмолиза (по де-Фризу)

Цель опыта. С помощью метода плазмолиза и растворов определенного осмотического потенциала найти изотоническую концентрацию клеточного сока и его осмотический потенциал.

Растительная клетка представляет собой идеальную осмотическую систему, у которой полупроницаемой мембраной, разделяющей раствор клеточного сока от наружного раствора, является цитоплазма. Как известно осмос это диффузия растворителя в раствор через полупроницаемую мембрану. Он может проходить и при разной концентрации прилегающих через мембрану растворов. Между такими растворами возникает осмотическое давление, связанное с энергией частиц, оказывающих давление на мембрану. Проявление осмотического давления возможно только в том случае, если раствор с меньшей концентрацией, отделен полупроницаемой мембраной от раствора с большей концентрацией. Оказывается, что раствор в стеклянном стакане тоже обладает осмотическим давлением, которое зависит от его концентрации, т.е. в основе осмотического давления лежит энергия растворенных частиц и поэтому этот раствор обладает осмотическим потенциалом. Это может быть отнесено к любому раствору, как и к раствору клеточного сока.

Любой раствор подчиняется основным законам идеальных газов, при котором его осмотическое давление, что соответствует и его осмотическому потенциалу (P), зависит от газовой постоянной величины (R), равной 0,082, абсолютной температуры по Кельвину (T) и концентрации раствора в молях (с). На диссоциирующие растворы электролитов вводится поправка изотонический коэффициент (i), представляющий собой отношение осмотического давления электролита к осмотическому давлению неэлектролита той же молярной концентрации. Любой электролит при растворении диссоциирует на ионы, что увеличивает общее содержание осмотически активных частиц ($\text{NaCl} \leftrightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$), неэлектролиты не диссоциируют и для них нет поправочного изотонического коэффициента. Поэтому общее уравнение осмотического потенциала любого раствора электролита определяют по уравнению Вант Гоффа и выражается в атмосферах.

$$P = RTCi \text{ атм}$$

где:

P – осмотическое давление в атмосферах;

R - универсальная газовая постоянная (0,082);

T - абсолютная температура по Кельвину (373 + температура в период опыта в C°);

C - концентрация раствора в молях;

i - изотонический коэффициент Вант-Гоффа

Осмотический потенциал клеточного сока играет важное значение в жизни растительной клетки, так как обеспечивает поступление воды в клетку из внешнего раствора. Осмотический потенциал или осмотическое давление выражается в атмосферах, т.е. той силой, которую нужно приложить, чтобы предотвратить поступление воды в клетку. Осмотический потенциал клеточного сока клетки можно определить косвенным методом. Метод основан на подборе такой концентрации наружного раствора, который вызывает начальный (уголковый) плазмолиз. Осмотический потенциал такого наружного раствора будет примерно равен осмотическому потенциалу (давлению) клеточного сока.

Для этого, надо взять несколько растворов и определить тот, который равен осмотическому давлению клеточного сока, называемого изотоническим. Изотонический раствор будет находиться между раствором где примерно у 50% клеток отмечен уголковый плазмолиз и раствором, который не вызывает плазмолиза. Отсюда следует, что изотонический раствор будет средним арифметическим между концентрациями этих растворов.

Материалы и оборудование: головка синего лука, микроскоп, препаровальная игла и пинцет, предметные и покровные стекла, стаканчики с крышечками с наклейками концен-

траций, растворы NaCl: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7 М; часы, калькулятор, цветные карандаши.

Ход работы: Приготовить растворы NaCl 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1 М. Приготовить необходимые растворы можно следующим образом. Из приготовленного 1 М раствора рекомендуется готовить по 10 мл каждого раствора в воде по схеме:

Тщательно перемешать растворы, налить их в баночки, снабженные соответствующими записями, и закрыть крышечками для защиты от испарения. Для экономии рабочего времени на занятиях лучше воспользоваться растворами ранее приготовленными соответствующих концентраций, как описано выше.

Приготовить, используя препаровальную иглу и пинцет 14 тонких срезов исследуемой ткани, окрашенной кожицы синего лука или листа бегонии, и поместить их в баночки с раствором по 2 среза в каждый раствор, начиная с самого концентрированного. Через 20-30 мин рассмотреть срезы в микроскоп в капле соответствующего раствора в той же последовательности. Стекланную палочку, которой наносилась капля раствора, кисточку, стекла после каждого раствора споласкивать водой и вытирать.

Во второй строке указать, в каком состоянии находятся большинство клеток среза (нет плазмолиза, угловый, вогнутый, выпуклый), в третьей строке схематично зарисовать одну клетку, характерную для данного среза.

Схема приготовления рабочих растворов

Концентрация раствора М	На 10 мл раствора прилить	
	1 М раствор NaCl, мл	Дистиллированной воды, мл
0,1	1	9
0,2	2	8
0,3	3	7
0,4	4	6
0,5	5	5
0,6	6	4
0,7	7	3

Результаты оформить, заполняя таблицу 1:

Концентрация	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Степень плазмолиза							
Рисунок клетки							

Установив изотоническую концентрацию, в прилагаемой таблице, вычислить осмотическое давление клеточного сока по уравнению Вант-Гоффа:

$$P = RTC_i \quad \text{где:}$$

P – осмотическое давление в атмосферах;

R - универсальная газовая постоянная (0,082);

T - абсолютная температура по Кельвину (373 + температура в период опыта в C);

C - концентрация раствора в молях:

i - изотонический коэффициент Вант-Гоффа, представляющий собой отношение осмотического давления раствора электролита к осмотическому давлению раствора не электролита той же молярной концентрации.

Значение изотонического коэффициента для раствора NaCl

Концентрация, М	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Изотонический коэф.	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70	0,73	0,75	0,78	0,83

Сделать выводы о зависимости степени плазмолиза в клетках от концентрации наружного раствора и указать установленную величину осмотического потенциала клеточного сока в изучаемом объекте.

Лабораторная работа №4. Определение водного потенциала (сосущей силы) клеток растительных тканей методом Уршпрунга

Цель опыта. Выяснить понятие водного потенциала клетки, как производного тургорного и осмотического потенциалов, и определить его величину в клубне картофеля разной степени оводненности.

Водный потенциал ($\Psi_{\text{вод}}$) определяет меру активности воды, т.е. её способной проникать в клетку или выходить из клетки. Она зависит от величины осмотического потенциала ($\Psi_{\text{осм}}$) и тургорного давления клеточной стенки ($\Psi_{\text{дав}}$), создаваемого растяжением эластичной клеточной стенки и направленного в противоположную сторону гидростатического давления клеточного сока на клеточную стенку. Поэтому $\Psi_{\text{вод}}$ в клетке уменьшается при насыщении клетки водой, а при полном насыщении её, он равен 0, вода в клетку не поступает, т.к. осмотический потенциал равен тургорному давлению клеточной стенки ($-\Psi_{\text{осм}} = +\Psi_{\text{дав}}$). С уменьшением насыщения клетки водой $\Psi_{\text{дав}}$ снижается и при отсутствии (клетка в состоянии плазмолиза) водный потенциал равен всему осмотическому потенциалу ($-\Psi_{\text{вод}} = -\Psi_{\text{осм.}}$). Обычно в клетках тканей водный потенциал равен разности между осмотическим потенциалом и потенциалом давления, что и обеспечивает непрерывность поступления воды в клетку. Чем меньше воды в клетке тем выше отрицательный водный потенциал, то есть больше сосущая сила поступления воды в клетку.

Определение водного потенциала основанного на подборе внешнего раствора с известной концентрацией, водный потенциал которого окажется равным величине водного потенциала клеток тканей ($\Psi_{\text{вод. тк.}}$). Водный потенциал внешнего раствора ($\Psi_{\text{вод}}$) всегда равен его осмотическому потенциалу ($\Psi_{\text{осм}}$), т.к. он не ограничен эластичной оболочкой и тургорное давление (потенциал давления, $\Psi_{\text{дав}} = 0$) отсутствует. При погружении полосок исследуемой ткани в раствор с повышенной концентрацией, в котором меньше воды, и водный потенциал ($\Psi_{\text{вод}}$) более отрицательный, чем водный потенциал клеток растительной ткани ($\Psi_{\text{вод. тк.}}$), то длина полосок тканей при потере воды и падении тургора уменьшается. Если наоборот, то клетки поглощают воду из раствора, объем их увеличивается и длина ткани соответственно увеличивается. Длина полосок не изменяется в том растворе, у которого $-\Psi_{\text{вод}}$ равен $-\Psi_{\text{вод. тк.}}$, т.е. когда солевые растворы равны по концентрации.

Материал и оборудование: раствор NaCl: 1,0; 0,8; 0,6; 0,4; 0,2; и 0,1 М, дистиллированная вода, мерный цилиндр или пипетки на 10 мл., штативы для пробирок, пробирки, нож или скальпели для нарезки полосок тканей, линейки, препаровальные иглы, пинцеты, крупные удлиненные клубни картофеля, чашки Петри.

Ход работы: Из картофельных клубней, разной степени насыщенности водой, при помощи ножа вырезать пластины 3-5 мм толщиной, причем рекомендуется резать вдоль клубня. Из пластин нарезать вдоль 7 полосок шириной 3-4 мм, подрезать концы так, чтобы полоски были примерно одинаковой длины. Тщательно измерить каждую полоску с точностью до 0,5 мм и поместить по одной в пробирки и залить соответствующим раствором NaCl, что-

бы полоски были полностью погружены в раствор. Все операции делают быстро, не допуская подвядания полосок.

Через 30 минут извлечь полоски и тщательно измерить их длину и записать результаты в таблицу 2: Данные для 4-ой строки (разность длины полосок) получить путем вычитания из большей величины меньшую, обозначив увеличение цифры знаком «+», уменьшение – «-». В последней строке указать каков тургор (сильный, средний, слабый, нет). Для его определения полоски последовательно, начиная от воды разложить на край чашки Петри, чтобы они наполовину выступали за края, по степени изгиба определить величину тургора.

Концентрация NaCl, М	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	вода
Исходная длина полосок, мм							
Длина полосок через 30 минут, мм							
Разность длины, мм							
Степень тургора							

Объяснить причины изменения длины полосок, найти изотонический раствор, в котором длина не изменилась, где $\Psi_{\text{осм}}$ этого раствора оказался равным $\Psi_{\text{вод. тк.}}$. Определить величину $\Psi_{\text{осм}}$ раствора, которая и будет соответствовать $\Psi_{\text{вод. тк.}}$, по уравнению Вант-Гоффа:

$$\Psi_{\text{осм (вод)}} = -RTCi; \quad \text{где:}$$

$\Psi_{\text{вод. (осм.)}}$ – водный потенциал (сосущая сила) изотонического раствора для водного потенциала клеток ткани.

R – газовая постоянная 0,082;

T – абсолютная температура в градусах С;

C – концентрация раствора в молях (М);

i – изотонический коэффициент, характеризующий степень гидролитической диссоциации растворенного вещества.

Значение изотонического коэффициента i для растворов NaCl (25°C)

NaCl (М);	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.01
i	1.62	1.64	1.66	1.68	1.70	1.73	1.75	1.78	1.83	1.91

Описать результаты наблюдений и показать расчетную величину водного потенциала и его значение в жизни растения.

Раздел 3. Водный режим растений

Лабораторная работа №5. Поступление веществ в клетку и накопление их в ней

Цель опыта. На модельном опыте выяснить причину непрерывного поступления веществ в клетку и количественного их накопление против градиента концентрации.

Необходимым условием жизнедеятельности растений является поступление в корень и затем во все растение необходимых минеральных веществ и воды. Рабочим органом, который их поглощает является корневой волосок, т.е. клеточка корня. Поглощение веществ из него уже затем передаются во все органы и ткани всего растения. Если вода поступает путем осмоса и накапливается в клеточном соке, то поступление веществ значительно сложнее. Одним из факторов поступления веществ является диффузия. Она основана на том, что вещества из более высокой концентрации через полупроницаемую мембрану поступают в область меньшей концентрации до выравнивания концентраций. Такой полупроницаемой мембраной в клетке служит наружная цитоплазматическая мембрана плазмалемма. Если бы вещества поступали только по законам диффузии, то в клетке никогда не происходило бы накопление их. Растения часто попадают в очень разбавленные растворы, но поглощение вещества не прекращается. Это происходит потому, что в цитоплазме, несмотря на поступление веществ, содержание их увеличивается, а концентрация остается неизменной. Объясняется это тем, что вещества после поступления в цитоплазму моментально вступают во взаимодействие с клеточными коллоидами, связываются химически при синтезе сложных органических веществ. А так как концентрация создается свободными ионами, то наружный раствор всегда более концентрирован. Это и **обеспечивает постоянное поступление веществ в клетку и накопление их в ней, отмеченное Донаном и получившее название донановского равновесия** («неуравновешенное равновесие»)

Это можно хорошо рассмотреть на модельном опыте. Если в качестве наружного раствора взять слабый раствор йода в йодистом калии, и целлофановый мешочек, заполненный крахмальным клейстером, то это будет модель клеток и, погруженной в минеральный раствор. Целлофан хорошо пропускает ионы йода (кристаллоид), но не пропускает крахмал (коллоид). Поэтому йод будет проникать во внутрь целлофанового мешочка, и окрашивать крахмал в синий цвет, а крахмал в раствор проникать не будет, это легко заметить, так как окрашивания раствора в стакане не будет. Поступление йода в мешочек будет продолжаться до тех пор пока молекулы крахмала будут в состоянии связывать их. Можно добиться из слабого раствора полного перехода йода, он будет весь поглощен и связан с крахмалом. Подобное явление, но во много раз сложнее, происходит в живой клетке, при поступлении минеральных веществ.

Материалы и оборудование: 2%-ный крахмальный клейстер, раствор йода в йодистом калии, химический стаканчик на 50 мл, целлофан, ножницы

Ход работы: В целлофановый мешочек, сложенный в форме простого фильтра залить 2%-ный раствор крахмального клейстера, но так чтобы не смочить стенки мешочка. В химический стаканчик на 50 мл налить слабый раствор йода в йодистом калии (Раствор Люголя) и погрузить в него мешочек с крахмалом, как показано на рисунке. По постепенному окрашиванию крахмала со стороны стенок отметить поступление и накопление йода.

Описать результаты наблюдений и сделать вывод, о причинах поступления веществ против градиента содержания веществ в клетке и их накоплении.

Лабораторная работа №6. Определение интенсивности транспирации у растений различных экологических групп весовым способом на торсионных весах

Цель работы; Определить различную интенсивность транспирации различных экологических групп растений.

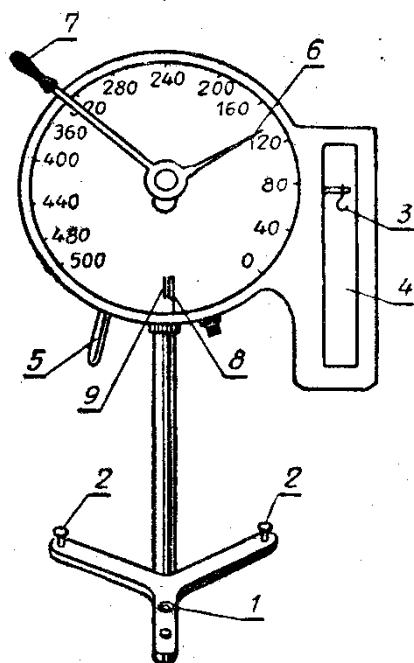


Рис. 5. Торзионные весы.

1 уровень, 2 – регулировочные винты уровня, 3 – крючок коромысла, 4 – камера, 5 – рычаг включения весов 6 – указатель веса, 7 – рычаг указателя веса, 8 – указатель равновесия, 9 – черта указателя равновесия.

ней, так и внутренней среды, так же физиологических особенностей и анатомо-морфологического строения растений разных экологических групп. Обычно у растений она составляет от 15 до 250 г на 1 м² в час днем, а ночью от 1 до 20 г.

Определяя интенсивность транспирации можно судить о состоянии водообеспеченности тканей листа или при тех же условиях её интенсивность у разных растений

Материалы и оборудование: Торзионные весы, ножницы, вазелин, стеклянная палочка, писчая бумага или тетрадный лист в клеточку, карандаш, калькулятор, линейка

Ход работы: Определение транспирации на торзионных весах проводится непосредственно возле изучаемых растений. Торзионные весы установить строго горизонтально по уровню (1) с помощью двух винтов на подставке (2), на поверхности стола или плоской доске. Перед взвешиванием проверить нулевую точку (8,9). Для этого опускают арретир (5) в положение «открыто», и вращая рукоятку (7) стрелки, устанавливают большую стрелку весов (6) на нулевое деление шкалы и смотрят установку малой подвижной стрелки внизу диска весов (8), которая должна установиться против нулевого деления (9). Если установка весов нарушена, и подвижная стрелка не установлена на нулевом делении, то весы корректируют поворотом винта-корректора на задней стенке весов. Настройку весов производить с подвешенным специальным крючком весом 100 мг.

После этого поднимают арретир в положение «закрыто». Торзионные весы дают возможность быстрого взвешивания с точностью до 1 мг (при шкале от 0 до 500 мг).

После установки весов приступают к изучению транспирации. Ножницами срезают лист у основания черешка листовой пластинки (двудольные растений), у основании листа (злаки), если лист крупный и не вмещается в камеру весов, то у злаков он вырезается в средней части на величину, равную длине камеры, а двудольных вдоль главной жилки. Срезы листьев смазать вазелином и приступить к взвешиванию.

Лист, как можно быстрее, подвесить на крючок в положении арретира «закрыто» и закрыть камеру (4). Лист не должен касаться краев камеры. Опустить арретир в положение «открыто» и двигать за рукоятку большую стрелку весов по шкале влево, до тех пор, пока

Физиологические процессы в растении будут нормально протекать при условии достаточного обеспечения его водой. Вода будучи отличным растворителем и структурным компонентом клетки участвует во многих биохимических и физиологических процессах: обеспечивает взаимодействие между молекулами веществ, является субстратом для фотосинтеза, участвует в дыхании и многочисленных гидролитических и синтетических процессах. В то же время вода обладает высокой теплоемкостью, при испарении поглощает большое количество тепла, а поэтому через транспирацию обеспечивает терморегуляцию растений, защищая его от перегрева на прямых солнечных лучах. Передвигаясь по растению, она с транспирационным током передвигает питательные вещества от корня к надземным органам.

Испарение воды растением представляет собой физических процесс, т.е. при котором вода в мезофилле листа испаряется с поверхности клеточных стенок в межклетники, а затем пар диффундирует через устьица в окружающую среду. Но в отличие от свободного испарения с водной поверхности испарение воды растением является сложным саморегулируемым процессом, связанным с анатомическими и физиологическими особенностями растений и поэтому испарение воды растением называется транспирацией.

Количественный показатель транспирации называют интенсивностью транспирации, которая является изменчивой величиной, зависящей от различных условий как внешней, так и внутренней среды, так же физиологических особенностей и анатомо-морфологического строения растений разных экологических групп. Обычно у растений она составляет от 15 до 250 г на 1 м² в час днем, а ночью от 1 до 20 г.

маленькая стрелка не остановиться против нулевого деления. Произвести отсчет по шкале, которая показывает массу материала в мг. Открыть камеру и оставить лист на 2 мин , и 5 мин в помещении, для испарения с открытой камерой. Не снимая лист, закрыть камеру и сделать второе взвешивания через то же время, за которое было произведено первое взвешивание. Метод дает учитывать испарение у листа при степени насыщенности его водой, какая была в листе на растении до опыта. За это время (в пределах пяти минут на открытом воздухе) происходит транспирация, при более длительном времени, потеря воды уже будет за счет подсыхания, что приведет к снижению транспирации из-за закрытия устьиц. Для сравнения такие наблюдения провести с листьями разных растений.

Проведя взвешивание, вычислить среднюю величину испарения и рассчитать интенсивность транспирации в мг за 1 час на листовую площадь 100 см².

Для определения площади изучаемого листа взять писчую бумагу, лучше тетрадный лист в клеточку, вырезать квадрат 25 см² (5 x 5 см) и взвесить. На другой такой же лист наложить срезанный лист и обрисовать его контур карандашом. Вырезать контур листа и тоже взвесить. Зная массу квадрата (P) известной площади S (25 см²) и массу (P_l) листа известной площади найти его площадь(S₁):

Интенсивность транспирации (T) рассчитать по следующей формуле:

$$S_1 = \frac{P_1 \cdot S}{P}$$

$$T = \frac{a \cdot 100 \cdot 60}{S \cdot t} \quad \text{мг/час на } 100 \text{ см}^2$$

где:

a - испарение воды листом в мг;

S - площадь листа;

t - время испарения в минутах.

Описать результаты наблюдений и сделать выводы о транспирации разных растений.

Лабораторная работа №7. Определение интенсивности транспирации и относительной транспирации в разных условиях весовым методом

Цель опыта. Освоить методику определения интенсивности транспирации весовым способом и определить влияние различных факторов внешней среды на интенсивность транспирации

Транспирация как физиологический процесс зависит от целого ряда как внутренних, так и внешних факторов. Из внешних факторов усиливающих транспирацию является свет, температура, ветер, и снижают – повышение влажности воздуха, недостаток влаги в почве и в тканях листа.

Важнейшим свойством растения является его способность регулировать в зависимости от условий интенсивность транспирации. Транспирация через открытые устьица идет намного интенсивнее, чем испарение с водной поверхности той же площади, а при закрытых устьицах она может вообще отсутствовать. Показателем способности растений регулировать транспирацию служит величина относительной транспирации, которая определяется отношением интенсивности транспирации к интенсивности испарения воды со свободной водной поверхности. Испарение воды из ряда мелких отверстий, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга, идет интенсивнее, чем с большего отверстия той же площади. Здесь действует закон Штефана, что испарение зависит не от площади отверстия, а от его диаметра. Несколько отверстий с малым диаметром имеют значительно большее диффузионное поле, чем одно крупное, т.к. общая длина окружностей малых отверстий значительно больше, чем длина окружности одного крупного отверстия, здесь действует так

называемый краевой эффект. С другой стороны, транспирация может регулироваться изменением степени открытости устьиц, а значит и интенсивностью испарения через них влаги. Относительная транспирация обычно составляет, в зависимости от условий, от 0,5 до 0,8. Если учесть, что на 100 см² листа устьица составляют 1% испаряемой поверхности, то интенсивность транспирации меньше не в сто раз, а всего на 50-20% ниже от испарения со сводной поверхности.

Материал и оборудование: Технические лабораторные весы, разновесы, пробирки с приделанными из проволоки крючком, герань с хорошо развитыми листьями, ножницы, кристаллизатор с водой, растительное масло, пипетка, чашки Петри, стеклянный колокол установленный на стекле с влажной тканью для увлажнения воздуха, настольная лампа с лампой накаливания 100 w или люминисцентной с белым светом, вентилятор, латер для регуляции напряжения, ножницы, писчая бумага или тетрадный лист в клеточку, линейка, карандаш, калькулятор.

Ход работы: Определение проводят обычно в лабораторных условиях с побегами или листьями герани. Срезается взрослый лист с длинным черешком, который подрезается на 1 см под водой, чтобы в сосуды не попали пузырьки воздуха и помещают в пробирки, заполненные отстоявшейся или кипяченной водой. Пробирка и лист должны быть сухими.

Поверхность воды в пробирке после опускания черешка заливается 1-2 каплями растительного масла, чтобы устранить испарение со свободной поверхности воды. Пробирка подвешивается с помощью проволочного крючка к подвеске коромысла весов и взвешивается с точностью до 0,01 г. Пробирки с листом после взвешивания поставить в различные условия: интенсивное освещение, увлажненный воздух (стеклянный колокол, насыщенный парами воды от влажной ткани), под струю работающего вентилятора, в темную камеру, и контроль (комнатные условия). Через 30 мин взвесить повторно. Разница в весе показывает количество испарившейся воды с данной листовой поверхности за данный промежуток времени.

Площадь листа определяют весовым методом, который основан на прямой пропорциональности между весом и площадью бумаги (при условии равной плотности ее). Для этого из тонкой бумаги (лучше тетрадный лист в клетку) вырезается квадрат, площадью 100 см² (10 x 10 см) и взвешивается. На таком же листе затем накладывается изучаемый лист герани, карандашом обводится его контур и вырезается. Этот контур также взвешивается. Из полученных данных составляется пропорция и находится неизвестное, т.е. площадь листа.

Зная площадь квадрата (P) известной его площади S (100 кв.см.) и массу вырезки листа (P_1) неизвестной площади (S_1) находят эту площадь по формуле :

$$S_1 = \frac{P_1 \cdot S}{P}$$

Для определения интенсивности транспирации пересчитывают количество транспирированной воды на единицу листовой поверхности (1 м²) по формуле:

$$ИТ = \frac{n \cdot 60 \cdot 10000}{S \cdot t} \text{ г/м}^2/\text{час} \quad \text{где:}$$

n - количество испаренной воды в граммах,

S - площадь листа,

t - продолжительность опыта в минутах,

60- коэффициент перевода минут в часы,

10000 - коэффициент перевода см² в м²

Наряду с определением транспирации, в тех же условиях определяют испарение со свободной водной поверхности ($ИС$). Для этого в чашки Петри наливают воду и также определяют потерю в весе за то же время.. Измерив диаметр чашки, вычисляют ее площадь и затем испарение воды с 1 м² за 1 час по выше показанной формуле. Площадь чашки Петри вычислить по формуле $S = \pi R^2$

Относительная транспирация (OT) определяется отношением транспирации к испарению воды со свободной поверхности (ИС):

$$OT = \frac{IT}{ИС}$$

Сопоставляют относительную транспирацию в различных условиях.

При оформлении работы ведут запись взвешивания и расчетов и результаты заносятся в таблицу

Условия среды	Вес листа с пробиркой до опыта, г.	Вес листа с пробиркой через 30 мин, г.	Потеря воды, г.	Интенсивность транспирации, г/м. ² /час. ИТ	Относительная транспирация. ОТ
контроль					
свет					
ветер					
влажная атмосфера					
Испарение с поверхности воды в чашке Петри	Вес чашки с водой, г	Вес чашки с водой через 30 мин, г	Потери воды, г	ИС г/м ² / час	—

Записать выводы, сделав анализ зависимости интенсивности транспирации и относительной транспирации в различных условиях, дать объяснение причинам их изменения. Влияние условий на транспирацию

Раздел 4. Углеродное питание растений – фотосинтез.

Лабораторная работа №8. Химические свойства пигментов зеленого листа.

Цель опыта. Изучить химические свойства хлорофилла

Фотосинтез мог возникнуть только при условии образования пигментов, способных усваивать световую энергию, преобразовывать её в энергию возбужденных электронов и передавать на химические реакции с запасанием в образующем органическом веществе. От качественного и количественного состава пигментов листа, их свойств как химических, так и физических зависит интенсивность фотосинтеза и продуктивность растений.

В хлоропластах зеленого листа включаются два типа пигментов: зеленые: хлорофиллы *a* и *b* и желтые – каротины и ксантофиллы. Основной функционирующий пигмент, осуществляющий не только усвоение энергии, но и осуществляющий процесс фотосинтетического фосфорилирования является хлорофилл *a*, остальные пигменты лишь передают поглощенную энергию на хлорофилл *a*, и поэтому являются вспомогательными, входящими в состав антенных, или светособирающих, комплексов

По химической природе хлорофиллы являются эфирами дикарбоновой кислоты хлорофиллина и двух спиртов – метанола и одноатомного непредельного спирта фитола, и относятся к липоидным пигментам, как каротины и ксантофиллы, каротиноиды – непредельные углеводороды, ксантофиллы – кислородсодержащие производные каротиноидов.

Материалы и оборудование: Спиртовая вытяжка хлорофилла, этиловый 96% спирт, бензин, 20%-ный раствор NaOH, 10%-ная HCl, уксуснокислый цинк, уксуснокислая медь, штатив с 6-тью пробирками, пробиркодержатели, спиртовка, спички, цветные карандаши, фильтровальная бумага

Получение спиртовой вытяжки: Свежие листья гибискуса китайского или аспидистры, или др. растений измельчить, поместить в ступку, добавить на кончике скальпеля CaCO_3 (для нейтрализации кислот клеточного сока) и немного чистого кварцевого песка. Тщательно растереть, приливая понемногу этилового спирта, смазать носик ступки с наружной стороны вазелином и слить полученный темно-зеленый раствор по стеклянной палочке в воронку с бумажным фильтром и отфильтровать. Хлорофилл может быть извлечен и другим полярными растворителями – ацетоном, неполярные растворители петролейный эфир, гексан, бензин, не нарушающие связи пигментов с белками, не могут их извлекать хлорофилл из листьев, хотя и более растворим в них, чем в этиловом спирте.

Ход работы. Налить спиртовую вытяжку по 2-3 мл в четыре пробирки и проделать следующие опыты.

а) Разделение пигментов по Краусу. (Растворимость пигментов в органических растворителях)

Добавить к спиртовой вытяжке пигментов несколько больший объем бензина и 2-3 капли воды (чтобы спирт смешивался с бензином). Закрыть пробирку пробкой или большим пальцем, несколько раз сильно встряхнуть, поставить в штатив и дать отстояться. Если разделение пигментов будет недостаточно четким (оба слоя окрашены в зеленый цвет), то необходимо прилить еще бензина и продолжить взбалтывание. Если нижний раствор мутного цвета (от избытка воды), следует добавить немного спирта и слегка встряхнуть. Отметить окраску нижнего спиртового слоя и верхнего бензинового, зарисовать и указать распределение пигментов.

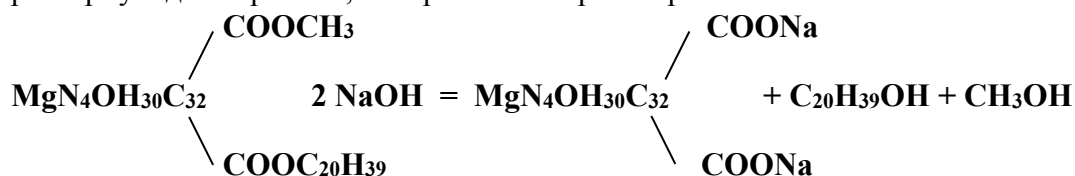
Сделать выводы о различной степени растворимости пигментов в спирте и бензине. В верхнем бензиновом слое зеленого цвета содержатся хлорофилл *a* и *b*. Нижний слой, спирт, имеет золотисто-желтую окраску, это ксантофилл, будучи двухосновным спиртом, он почти нерастворим в бензине, остается в спирте. В отношении каротина правильный вывод можно будет сделать, сравнив результаты данного и следующего опытов.

б) Реакция омыления хлорофилла щелочью.

К 2-3 мл спиртовой вытяжки пигментов в пробирке добавить 4-5 капель 20%-ного раствора щелочи (NaOH), закрыть резиновой пробкой и тщательно взболтать, для протекания реакции омыления. Затем прилить в пробирку равный объем бензина, опять сильно встряхнуть и дать отстояться. Отметить окраску спиртового и бензинового слоев, зарисовать. И указать распределение пигментов.

Записать реакцию омыления хлорофилла, в результате которой происходит отщепление спиртов метилового и фитола, а двухосновная кислота хлорофиллина образует натриевую соль.

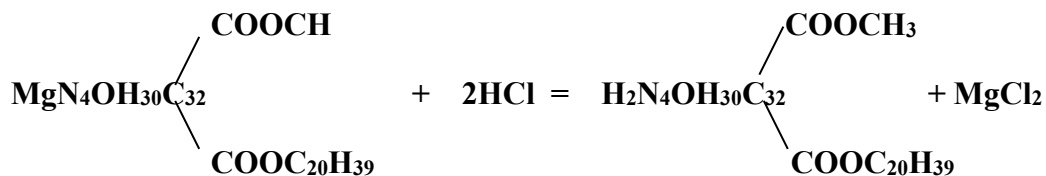
Соли хлорофиллиновой кислоты имеют зеленую окраску, но отличаются от хлорофилла тем, что соли гидрофильны и нерастворимы в бензине, переходят в спирт, как и спирты фитол и метанол. Бензин, верхний слой, приобретает оранжево-желтую окраску, характерную для каротина, который более растворим в бензине.



По окончании опыта зарисовать окраску слоев, указав распределение в них пигментов.

в) Получение феофитина и восстановление металлорганической связи.

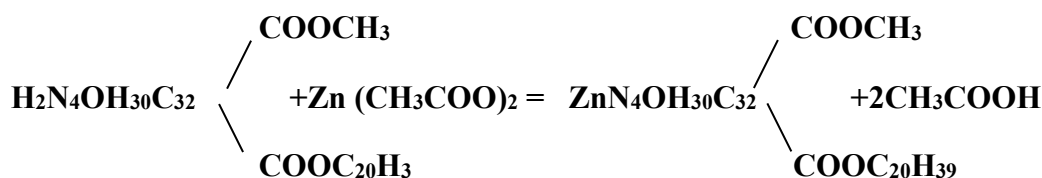
Хлорофилл относится к магний-порфиринам. Но атом магния сравнительно слабо удерживается в порфириновом ядре хлорофилла и под действием кислот легко замещается двумя протонами водорода, что приводит к потере зеленой окраски и образованию феофитина, вещества бурого цвета.



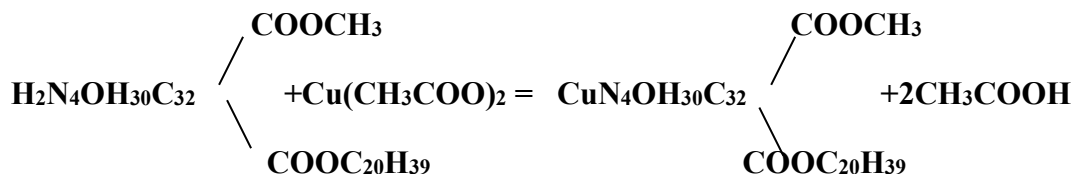
Взять 4 пробирки со спиртовой вытяжкой пигментов и добавить в три пробирки по 2-3 капли 10% соляной кислоты и встряхнуть. Получается буровато-оливковое вещество – феофитин – продукт замещения магния в молекуле хлорофилла двумя атомами водорода. Замещение протоном Mg устраняет металлорганическую связь в молекуле хлорофилла, которая и определяет зеленую окраску.

Обратное введения магния и восстановление зеленой окраски сильно затруднено. Но металлорганическая связь, хотя и с некоторым трудом, требующей дополнительной энергии, может быть восстановлена если добавить к феофитину соли слабых кислот цинка или меди.

Для этого в третью пробирку с феофитином внести на кончике скальпеля несколько кристаллов уксуснокислого цинка, а в четвертую – уксуснокислой меди и довести на спиртовке до кипения. Если при этом окраска не



изменится добавить еще немного уксуснокислого цинка или меди и продолжить нагревание. Отметить изменение окраски благодаря восстановлению металлоорганической связи (атомы цинка и меди становятся на то место, где раньше был магний), восстанавливается зеленая окраска, причем медь придает голубоватый оттенок, в отличие от цинка.



Следовательно, цвет хлорофиллов обусловлен металлорганической связью в их молекулах.

Написать уравнение этой реакции, зарисовать окраску феофитина и хлорофиллпроизводных цинка и меди.

Описать результаты наблюдений и объяснить их результаты

Лабораторная работа №9 Оптические свойства хлорофилла и желтых пигментов

Цель работы: Определить спектры поглощения различных пигментов листа.

Пигменты растений поглощают видимую часть спектра, лежащую в пределах 380-720 нм, получившей название фотоактивной радиации, или ФАР. Пигменты поглощают видимую часть спектра не полностью, а избирательно, т.е. приспособившись к поглощению самых эффективных участков спектра для фотосинтеза. Каждый пигмент имеет свой характерный спектр поглощения. Для хлорофилла *a* и *b* спектр поглощения имеет два ярко выраженных максимума в красных лучах 660 и 640 нм, и сине-фиолетовых – 430 и 450 нм. Каротин и

ксантофилл поглощают только в сине-фиолетовой части спектра. Надо помнить, что максимумы поглощения спектра зависят от природы растворителя и взаимодействия молекул хлорофилла друг с другом и другими компонентами мембран липидами и белками. Так у молекул хлорофилла, находящейся в хлоропластах, красный максимум поглощения сдвинут в более длинноволновую область (680 нм) по сравнению хлорофилла в этиловом спирте (660-663 нм). Для установления спектра поглощения используют спектроскоп. По положению темных полос в спектре определяют, какие лучи поглощаются исследуемым пигментом. Ширина спектра поглощения также зависит от концентрации пигмента или толщины слоя хлорофилла в кювете.

Материалы и оборудование Спиртовая вытяжка хлорофилла, растворы каротина и ксантофилла, полученные при разделении пигментов, спектроскоп, темная бумага, источник света (настольная лампа), штатив с зажимом, штатив для пробирок, лист черной бумаги, цветные карандаши

Ход работы: Налить исследуемый раствор пигментов в пробирку и закрепить пробирку в лапке штатива или удерживая рукой перед щелью спектроскопа. Изучить спектры поглощения растворов хлорофилла, каротина, ксантофилла. Растворы каротина и ксантофилла получить из спиртовой вытяжки хлорофилла методом реакции Крауса и обратной Краусу (омыление хлорофилла).

Зарисовать спектры, причем поглощенные участки закрасить черным, а видимые участки цветными карандашами.

Таблица 10

Раствор пигмента	Цвет спектров						
	Фиолетовый	Синий	Голубой	Зеленый	Желтый	Оранжевый	Красный
Хлорофилл							
Каротин							
Ксантофилл							

Окраска хлорофилла в проходящем свете. Налить на 1/3-1/2 в мерный цилиндр на 50 мл спиртовую вытяжку и рассмотреть против света проходящие лучи. При таком освещении спиртовая вытяжка имеет изумрудно-зеленый цвет, т.к. хлорофилл не поглощает зеленые лучи спектра, которые придают хлорофиллу зеленый цвет. Остальные не поглощаемые лучи оранжевые, желтые, голубые перекрываются зеленым цветом. Поэтому и лист зеленого цвета.

Окраска концентрированного хлорофилла или в толстом слое в проходящем свете. Окраска концентрированного или в толстом слое раствора хлорофилла спиртовой вытяжки в проходящем свете имеет гранатово-красный цвет, обусловленный поглощением всех лучей спектра, кроме крайних красных с длиной волны более 700 н, энергия кванта которых недостаточна для фотохимических реакций. Они близки к инфракрасным тепловым лучам и их поглощение вызывало бы перегрев листьев. Для выполнения этой работы тот же цилиндр со спиртовой вытяжкой хлорофилла поместить основанием над источником света, закрыв стенки цилиндра темной бумагой или обжать кистями рук и рассмотреть в проходящем свете. Спиртовая вытяжка в этом случае будет иметь гранатово-красный цвет (цвет гранатового сока).

Флюоресценция хлорофилла. Цвет флюоресценции хлорофилла рассматривается в отраженном свете. Суть флюоресценции в том, что происходит испускание света возбужденной молекулой хлорофилла. Поглощение кванта света сопровождается переходом одного из π -электронов на более высокий энергетический уровень. В результате возникает синглетное электронно-возбужденное состояние молекулы хлорофилла. При этом в зависимости от поглощенной линии спектра красных или сине-фиолетовых лучей имеющих различ-

ную энергию кванта электрон выходит на разные синглетные уровни. При поглощении красных лучей он выходит на первый синглетный уровень (S_1). При поглощении синего света с более высокой энергией кванта, электрон выходит на второй более высокий синглетный уровень (S_2). Возврат электрона на прежний основной уровень (S_0), в какое возбужденное состояние молекула хлорофилла была переведена поглощенным квантом, она в конечном итоге переходит на низший колебательный уровень первого синглетного состояния (S_1), энергия которого в тилакоидах хлоропластов используется на фотохимические реакции. В спиртовой вытяжке электрон возвращается в исходное положение (S_0), излучив энергию в виде флюоресценции. Так как это происходит с уровня красных лучей, то независимо от длины волны света, возбуждающего хлорофилл, флюоресценция хлорофилла всегда будет в красной части спектра. Флюоресцирует только хлорофиллы **a** и **b**, каротиноиды такой способностью не обладают.

Для выполнения работы определения флюоресценции хлорофилла взять тот же цилиндр со спиртовой вытяжкой хлорофилла и поместить на темном фоне возле источника света и рассмотреть со стороны отраженного света. Вытяжка хлорофилла будет темно-красного цвета (цвет не чисто красный, а с бурым оттенком, кирпично-красный). Это указывает, что хлорофилл обладает способностью флюоресцировать. Хлорофилл всегда флюоресцирует только красным светом. Благодаря способности хлорофилла к флюоресценции он способен усваивать и преобразовывать энергию света в процессе фотосинтеза. (Цвет не чисто красный, а с буроватым оттенком)

Лабораторная работа №10. Влияние внешних условий на интенсивность фотосинтеза

Фотосинтез как физиологический процесс связан не только с внутренними условиями, но его интенсивность изменяется при изменении внешних факторов: освещенности, температуры, содержания углекислого газа, минерального питания и др.

Для демонстрации интенсивности фотосинтеза можно использовать водные растения (элодея, роголистник), используя метод счёта пузырьков, выделяемого кислорода.

На свету в листьях происходит процесс фотосинтеза, продуктом которого является и кислород, накапливающийся в межклетниках и сосудах. При срезании стебля избыток газа выделяется через срез в виде тока пузырьков, быстрота выделения которых зависит от интенсивности фотосинтеза. Хотя этот метод не дает количественного определения продуктивности фотосинтеза, но он довольно наглядно показывает изменение интенсивности фотосинтеза в зависимости от влияния внешних факторов.

Материал и оборудование: Веточки элодеи роголистника длиной 10-13 см. с неповреждёнными точками роста; Сода двууглекислая (NaHCO_3); 1%-ный раствор двухромовокислого калия; 4%-ный раствор медного купороса, насыщенного аммиаком или свежеприготовленной фелинговой жидкости (смесь 2-х растворов в равных объёмах: 1%-ный раствор-40 г. медного купороса в 1 литре дистиллированной воды, 2-й раствор-200 г. сегнетовой соли в 1 л. дистиллированной воды); пинцет; 6 конических колбочек на 200-250 мл; пробирки 3 шт; настольная лампа на 100 ват;; секундомер;. водяная баня с нагретой водой; термометр; линейка; колба с водой комнатной температуры; охлажденная вода до 10-15° С.

Ход работы. Поместить веточку элодеи или роголистника с неповрежденной точкой роста в кювету с водой и под водой обновить срез бритвой, сделав косой срез. Затем поместить её в пробирку с водой, предварительно обогащенной углекислым газом, растворив не-

большое количество соды NaHCO_3 (на кончике шпателя), вниз точкой роста, оставив расстояние 1-2 см от среза до поверхности воды для счета выделяющихся со среза пузырьков. Пробирку поставить в штативе вблизи источника света и дожидаться равномерного выделения пузырьков за определенное время. Такую веточку можно использовать для опыта. Если пузырьки крупные и задерживаются на срезе, то нужно слегка придавить кончик среза пинцетом или обновить срез под водой. Во всех вариантах опыта время должно быть одинаковым.

А) Влияние освещённости на интенсивность фотосинтеза.

Налить в колбочку по высоте пробирки нагретую до 30^0 С воду и поместить в неё пробирку с веточкой водоросли. Когда пузырьки кислорода вблизи света будут выделяться равномерно, приступить к подсчету пузырьков в течение 1-5 минут, в зависимости от интенсивности выделения пузырьков, подсчитывая количество выделенных пузырьков кислорода, определяя время по скорости выделения пузырьков. Измерить скорость выделения пузырьков на расстоянии 5; 10 и 20 см, за то же время.

Б) Зависимость фотосинтеза от спектрального состава света.

Сначала пробирку с веточкой поместить в колбочку с белым экраном (чистая вода) и поставить на расстояние 10 см от источника света при комнатной температуре. После подсчета пузырьков, пробирку перенести в колбу с красным экраном (раствор двуххромовокислого калия). Этот раствор пропускает красные, оранжевые, желтые и не пропускает синефиолетовые лучи. Подсчитав выделение пузырьков, аналогично провести подсчет в колбе с синим экраном за тоже время и на одинаковом расстоянии.

В) Влияние температуры на интенсивность фотосинтеза.

Налить в одну колбочку воду с $t = 30^0$ С, а в другую холодную – $10-15^0$ С, поместить пробирку с веточкой элодеи сначала в теплую воду и подсчитать выделение пузырьков. Затем поместить в холодную воду и подсчитать выделение пузырьков, за тоже время и на одинаковом расстоянии от источника света (как можно ближе). Часто можно наблюдать при помещении веточки в холодную воду тепловой шок, при котором в первое время пузырьки не выделяются.

Результаты записать в таблицу с учетом фактической температуры, расстояния от источника света и расчетного времени, которые в таблице даны ориентировочно (записать фактическую t^0 при выполнении опытов)

Расстояние от источника света	Цвет экрана	Температура	Количество пузырьков O_2 за _____ мин
10	Белый	20	
15	Белый	20	
20	Белый	20	
10	Белый	20	
10	Красный	20	
10	Синий	20	
10	Белый	30	
10	Белый	10	

Описать результаты наблюдений и **сделать выводы** о влиянии условий среды на **интенсивность фотосинтеза**

Тема №5. Рост и развитие растений

Лабораторная работа №11. Влияние чистых солей и их смеси на жизнедеятельность клеток тканей растений. (Антагонизм ионов)

Питательный раствор для растений, как в почве, так и питательный раствор гидропоники или вегетационных сосудах, должен содержать все необходимые элементы питания в усвояемой форме и быть физиологически уравновешенными. Оказывается растворы чистых солей или несбалансированное их содержание даже в количествах оптимально необходимых для роста растений оказывают токсическое действие на рост корней и жизнедеятельность клеток тканей. Так чистый раствор NaCl , количество которого соответствует его содержанию в морской воде, проявляет токсическое действие, но достаточно добавить к нему даже незначительного количества солей кальция и магния, чтобы снять ядовитое действие NaCl .

Чистые растворы солей одно- и двухвалентных катионов, взятых порознь, оказывают ядовитое действие на растения. При смешивании этих солей в определённых соотношениях вредное воздействие взаимно угнетается или смягчается. Это явление называется антагонизмом ионов, а раствор, в котором не проявляется вредное действие солей, называется уравновешенным.

Опыт. В опыте токсическое действие H^+ -катионов устанавливается по степени экзосмоса окрашенного клеточного сока в раствор (живая цитоплазма клеточный сок не пропускает). Срезы столовой свеклы толщиной 3-4 мм, и брусочки, полученные пробочным сверлом диаметром 0,5 см, одинаковой величины тщательно промыть и поместить в пробирки, содержащие: 1-я пробирка 10 мл 0,002 н HCl , 2-я - 10 мл 0,002 н CaCl_2 , 3-я - 5 мл 0,002 н HCl и 5 мл 0,002 н CaCl_2 . В конце занятия сравнить визуально изменение окраски растворов и установить антагонистическое действие кальция по отношению к ионам водорода.

Записать выводы, объяснить причину выхода клеточного сока, особенно в первом варианте.

Вариант	Степень интенсивности окраски раствора от выхода клеточного сока
HCl	
CaCl_2	
$\text{HCl} + \text{CaCl}_2$	

Лабораторная работа №13. Диагностика заболеваний растений при голодании по элементам минерального питания

Каждый элемент минерального питания выполняет в растительном организме специфическую физиологическую роль, которая не может быть заменена другим элементом при его недостатке или полном отсутствии. В этом суть правила незаменимости элементов питания. Поэтому при недостатке того или иного элемента питания происходит нарушение определенных жизненных процессов, с внешними признаками голодания.

Распознавание признаков голодания растений, вызываемых недостатком тех или иных элементов минерального питания, крайне важно для устранения заболевания, внесением удобрений или своевременной подкормки. Внимательное изучение признаков голодания у растений парка, леса, окрестных полей поможет сделать выводы о дефиците тех или иных элементов в данном районе и дать рекомендации о состоянии почв и внесении недостающих

удобрений под культурные растения. В работе ставится задача изучить признаки голодания по элементам минерального питания у культурных и дикорастущих растений.

Материал и оборудование: Гербарные листья больных растений, цветные карандаши, атласы и книги с иллюстрациями признаков голодания, цветные копии таблиц признаков болезней сельскохозяйственных культур при недостаточности макро- и микроэлементов (Штефан 1981). Растения или гербарий больных растений: больные листья, побеги комнатных растений, растений сада, огорода, поля, леса, пустырей и т.д. в период вегетации.

Ход работы. Заранее собирают больные листья и поврежденные побеги различных растений. С помощью преподавателя и с использованием имеющихся атласов, книг и цветных таблиц, и описаний заболеваний в таблице 15 поставят диагноз заболевания растений имеющихся образцов растений и данные внести в таблицу 16.

Таблица признаков заболевания растений при голодании по элементам питания

Элемент	Симптомы недостаточности
N	Слабый рост, карликовость, склероморфизм, бледно-зеленая окраска листьев по всему растению. Отношение корень/побег сдвинуто в пользу корней. Преждевременное пожелтение более старых листьев, их некротические концы, раннее опадение листьев. У плодовых на листьях появляется желтая, оранжевая, красная и пурпурная окраска, плоды плохо завязываются и опадают.
P	Задержка цветения, отсутствие роста, задержка созревания плодов. Самым характерным признаком для всех растений появление бронзово-красной, пурпурной или фиолетовой окраски листьев и стеблей, иногда черный цвет засыхающих листьев, скручивание листьев с краёв у злаковых
K	Белые бурые пятна на листьях, рваный край листьев, на листьях краевой ожог (запал), листья закручиваются по краям книзу, поверхность листьев морщинистая, вдоль жилок появляются бурые пятна, ткань отмирает. У капусты по краям листьев появляется бронзовость.
S	Сходные симптомы с азотным голоданием. Листья от бледно-зелёной до кремовой и желтой окраски. Отсутствие общего пожелтения всего растения, что отличает от азотного голодания, ткани не отмирают..
Mg	Появление светло-зелёных, белых и желтых пятен между жилками, от середины к краям лист буреет и отмирает, Может появляться покраснение и фиолетовость у краев листьев и между жилками. Признаки появляются обычно на старых листьях. У плодовых после листопада листья остаются на верхушках побегов, На листьях появляются между жилками некрозы. Особенно быстро повреждаются нижние листья и опадают, Иногда внизу листа сохраняется здоровая зона в виде треугольника. У томатов листья становятся ломкими, закручиваются книзу.
Ca	Повреждаются и отмирают верхушечные почки и зоны роста у корней. Нарушается рост, связанный с нарушением деления и растяжения клеток. Не образуются боковые корни и корневые волоски. На концах листьев картофеля и томатов отмирающие части фиолетового цвета, а на плодах томатов с нижней стороны образуется уплотненная округлая ткань черного цвета.
Fe	Появление равномерного хлороза между жилками у молодых листьев, жилки остаются зелеными; старые листья поражаются подобным образом позже молодых. У молодых побегов верхние листья могут быть почти белыми из-за отсутствия хлорофилла, что отличает от недостатка азота. Малая мощность растений, неурожай. Особенно страдают плодовые.
Zn	Характерным признаком является ненормально мелкие молодые листья, покрытые желтыми крапинками или же равномерно хлоротичные, обычны некрозы или отмирание тканей. Междоузлия побегов короткие. У плодовых листья мелкие ивовидные, собраны в розетки.

Cu	Бледно-желтая окраска листьев или полосатые закрученные листья. Вдоль краев листьев хлороз с последующим некрозом, Пустозерница.
Mo	Узкие, длинные, скрученные листья, выемки на листовой пластинке, хлороз сложных листьев, включая черешок.
Bo	Отмирание верхушечных почек, корешков и листьев; отсутствие цветения, опадание завязей, закручивание, деформированные листья, черная гниль у корнеплодов свеклы, моркови, полые кочерыжки капусты.

Задание: заполнить таблицу; сделать рисунки; отметить расположение больных листьев на побеге (нижние, верхние); сделать выводы о типичных видах голодания у растений огорода, сада, леса, поля данного района.

Работу можно выполнить и по цветным таблицам признаков болезней различных сельскохозяйственных культур при недостаточности как макро-, так и микроэлементов (В.К.Штефан. Жизнь растений и удобрения. Московский рабочий. 1981)

Установление диагноза заболевания по признакам голодания растений (рас- тение и недостаточность по выбору

Вид растения и место обитания	Орган (побег, лист: верхний, нижний)	Описание признаков голодания	Рисунок	Диагноз	Способы устранения заболевания

Тема №6. Основы устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды

Лабораторная работа №15. Защитное действие сахара на цитоплазму при замораживании

Повреждение тканей при замораживании растений связано с образованием льда как внутри клеток, так и снаружи в межклетниках. Внеклеточный лёд вызывает дегидратацию клеток, оттягивая из них воду. Кристаллы льда внутри клетки вызывают механическое повреждение структуры цитоплазмы и пограничных мембран, нарушая их полупроницаемость.

У разных растений в неодинаковой степени выражена способность противостоять образованию льда внутри клеток, что связано с различным содержанием углеводов, жирных кислот и белков, способных связывать свободную воду внутри клеток и снижать температуру замерзания. Высокая морозостойкость наблюдается у растений с высоким накоплением сахаров (луковичные, озимые злаки, плодовые деревья и др.). Такие вещества, которые повышают морозостойкость растений называются криопротекторами. Из их числа наиболее известны простые сахара, олигосахара, глицерин, диметилсульфоксид). В течении вегетационного периода продукты фотосинтеза откладываются в запас в тканях корнеплодов, стеблей и побегов плодовых древесных растений, которые в зимнее время подвергаются гидролизу и их продукты накапливаясь выполняют роль криопротекторов, повышая устойчивость к отрицательным температурам

Материал и оборудование: Столовая свекла; 1,0 и 0,5 М р-р сахарозы; 8% р-р NaCl в капельнице, снег или лед; емкость с кристаллизатором, обложенного опилками; соль поваренная, лопаточка для перемешивания охлаждающей смеси; термометр до -25°C ; безопасная бритва; скальпель или пробочное сверло $\varnothing 0,5 - 1,0$ см; микроскоп; предметные и покровные стекла; карандаш по стеклу; полоски фильтровальной бумаги; 3 пробирки; кристал-

лизатор с водой; штативы для пробирок; дистиллированная вода; химический стакан с холодной водой.

Ход работы. Из корнеплода красной свеклы скальпелем или пробочным сверлом нарезать одинаковые по размеру брусочки ткани 1,5-2 см длиной и 4-5 мм толщиной. Брусочки ткани тщательно промыть под струей воды или в кристаллизаторе с водой для удаления сока поврежденных клеток. Поместить по 1-2 бруска в 3 пробирки, снабженные этикетками. В 1-ю пробирку налить на $\frac{2}{3}$ воды, во 2-ю – столько же 0,5 М раствора сахарозы, в 3-ю – 1,0 М раствора сахарозы и выдержать 10-15 мин.

Поместить в большую металлическую ёмкость (кастрюлю) кристаллизатор и обложить его со всех сторон сухими опилками. В кристаллизаторе приготовить охлаждающую смесь: к 3 частям снега или кусочков льда добавить 1 часть поваренной соли и тщательно перемешать, контролируя температуру снижения до $-10-15^{\circ}\text{C}$. Погрузить все пробирки в охлаждающую смесь и накрыть уплотненной ватой. Через 15-20 мин пробирки поставить в стакан с холодной водой для медленного оттаивания. После оттаивания встряхнуть и отметить степень окраски жидкости в пробирках и окраску срезов. Проверить жизнеспособность клеток получением плазмолиза в 8% растворе NaCl.

Примечание. Часто в варианте с чистой водой при замерзании ломается пробирка. Необходимо осторожно вмёрзший брусок свеклы вместе со льдом перенести в целую пробирку

Таблица

Вариант	Окраска наружного раствора	Окраска среза	Количество плазмоллизированных клеток, %
Вода			
Сахароза 0,5 М			
Сахароза 1 М			

Перечень вопросов и заданий, выносимых на дифференцированный зачет

1. Клетка как основная структурная и функциональная единица растительного организма. Функциональные особенности клеток одноклеточного и многоклеточного организма. В чем заключается единство многоклеточного растительного организма.

2. Соматический эмбриогенез клеток растений. Условия для его проявления. Сущность и значение тотипотентности растительных клеток многоклеточных растительных организмов. Почему отдельные клетки в многоклеточном растительном организме не реализуют полностью генофонд?

3. Особенности организации растительной клетки. Физиологические функции оргanelл растительной клетки, их структура в связи с выполняемой функцией.

4. Строение цитоплазмы. Пограничные мембраны цитоплазмы. Современное представление о структуре и составе клеточных мембран. Свойства и функции мембран в растительной клетке

5. Значение воды в жизни растения. Содержание воды в растении. Гомеостатическая вода и её значение для растений разных экологических групп.

6. Физико-химические свойства воды. Состояние воды в клетке. Свободная и связанная вода, виды связанной воды, Значение свободной и связанной воды в жизнедеятельности клетки и приспособлениях растений к условиям среды произрастания.

7. Водный баланс и водный обмен, составные части и их значение. Почему необходимо поддерживать водный баланс, причины нарушения водного баланса и его последствия.

8. Механизмы поступления воды в клетку: Осмос, Клетка как осмотическая система. Осмотическое давление (осмотический потенциал.). Формула расчета осмотического потенциала для электролитов и неэлектролитов; значение осмотический потенциал клетки в поглощении воды.

9. Водный потенциалы клетки как мера активности поступающей воды в клетку. Возникновение тургорного давления и его значение для проявления водного потенциала. Изменение водного потенциала (сосущей силы) клетки в зависимости от степени насыщения клетки водой.

10. Пиноцитоз, Матричный и электрохимический потенциалы их природа и значение в поглощении воды клеткой. Аквапорины, их строение и значение в поглощении и передвижении воды между клетками.

11. Сущность световой фазы фотосинтеза. Фотофизический и фотохимический этапы световой фазы фотосинтеза, что в них происходит? Природа выделяемого кислорода. Работы Р.Хила, А.П. Виноградова и Р.В. Тейс.

12. Циклическое фотофосфорилирование, схема и состав компонентов электрон-транспортной (ЭТЦ), описать потока электрона. Характеристика процесса и продукты цикла.

13. Нециклическое фотофосфорилирование, роль ФС I и ФС II, компоненты электрон-транспортной цепи (ЭТЦ), описать потока электрона и продукты, образуемые в этом процессе. Где происходит фотолиз воды и его значение.

14. Образование АТФ и НАДФН. Фактор сопряжения его структура и значение составных частей. Каким путем образуется разность электрохимического потенциала на мембранах тилакоида и его участие в образовании АТФ. Химизм образования АТФ и НАДФН.

15. Сущность темновой фазы фотосинтеза. Работы Кальвина по установлению акцептор CO_2 . Этапы цикла Кальвина в превращении CO_2 в темновой фазе, и их продукты. Почему цикл Кальвина называют C_3 -путь фотосинтеза.

16. Состав органических и неорганических веществ. Основные органические вещества растительной клетки.

17. Взаимопревращение веществ в растительной клетке. Физиологические группы веществ, их свойства и роль в обмене веществ. Связь структуры вещества с его функцией.

18. Особенности обмена веществ в растительной клетке Ферменты растительной клетки их химическая природа, свойства и значение.

19. Ферменты однокомпонентные и двухкомпонентные, апофермент и кофермент, их состав и значение в работе ферментов.

20. Специфичность и активность одно- и двухкомпонентных ферментов.

21. Механизм работы ферментов. Реакционный центр особенности его строения и значение. Особенности работы ферментов в живой клетке.

22. Поглощение воды корнем. Передвижение воды по корню.

23. Возникновение корня в филогенезе. Поступление и передвижение воды по корню (радиальный транспорт), Пути, направление и механизм передвижения воды по корню. Значение эндодермы как физиологического барьера.

24. Корневое давление, его значение. Что такое «плач» и гуттация, их причины и условия проявления

25. Расходование воды растением.

26. Понятие о транспирации, особенности транспирации как физиологического саморегулируемого процесса. Значение транспирации для растений. Почему транспирация считается приспособление растений к наземному существованию?

27. Связь транспирации с другими физиологическими процессами растений. Единицы измерения транспирации (количественные и качественные). Лист как орган транспирации. Как определить интенсивность транспирации?

28. Виды транспирации, их соотношение и значение в регуляции транспирации. Этапы устьичной транспирации, их значение в регуляции транспирации. Внеустьичная регуляция транспирации, где и как она происходит.

29. Распределение и количество устьиц на листовой поверхности. Особенности испарения воды через устьица, в чем суть краевого эффекта испарения воды из мелких отверстий (закон Стефана). Что такое относительная транспирация, что показывает её определение.

30. Влияние внутренних и внешних условий на интенсивность транспирации.

31. Влияние условий на степень открытия устьиц. Гидропассивные, гидроактивные и фотоактивные реакции устьиц и механизмы устьичных движений при этих реакциях.
32. Суточный ход транспирации и устьичных движений. Как может меняться суточный ход устьичных движений у растений от изменения условий?
33. Влияние внешних условий на интенсивность транспирации.
34. Влияние внутренних условий на интенсивность транспирации.
35. Необходимость передвижения воды по растению. Анатомо-физиологические участки этапов в передвижения воды по растению, их особенности, строение и соотношение.
36. Двигатели водного тока по растению, их характеристика и значение в передвижении воды по растению.
37. Значение непрерывности водного тока по растению. Когезия и адгезия и их роль в непрерывности водного тока.
38. Причины и виды засух. Влияние засухи на растения. Временное завядание, глубокое длительное завядание значение завядания.
39. Физиологические особенности устойчивых растений к засухе. Изменение засухоустойчивости в онтогенезе растений. Правило (закон) Заленского. Критические периоды в онтогенезе растений в отношении к водному стрессу.

Перечень вопросов и заданий, выносимых на дифференцированный зачет

Билет № 1

1. Основные компоненты растительной клетки, особенности их строения и функции.
2. Циклическое фотосинтетическое фосфорилирование, его характеристика.
3. Апопласт (свободное пространство), его роль в поступлении ионов в растительную клетку.
4. Древесное растение, имеющее листовую поверхность 12 м², испарило за 2 часа 3 кг воды. Определите интенсивность транспирации.

Билет № 2

1. Физико-химические свойства цитоплазмы, ее взаимодействие с внешней средой.
2. Представление о функционировании двух фотосистем, их структура и назначение.
3. Абсцизовая кислота. Химическая структура, синтез, физиологическая роль, механизм действия.
4. Дыхательный коэффициент семян подсолнечника 0,8. Сколько CO₂ выделяют семена при дыхании, если известно, что они поглотили 56 мг O₂.

Билет № 3

1. Мембранный принцип организации структурных элементов растительной клетки.
2. Показатели фотосинтеза, их связь с продуктивностью растений.
3. Общее понятие стресса. Триада Селье. Особенности фитостресса.
4. Определить осмотическое давление вакуолярного сока при температуре +18°C, если известно, что 0,3 и 0,4 М растворы сахарозы плазмолиза в клетке не вызывают, а в 0,5 М и в 0,6 М растворе наблюдается плазмолиз.

Билет № 4

1. Функциональное взаимодействие различных органоидов растительной клетки.
2. Хлорофиллы. Строение, химические и физические свойства.
3. Физиологическая роль калия. Признаки недостаточности калия у растений.
4. Сколько CO₂ выделяет 1 кг семян за 10 суток, если известно, что интенсивность дыхания этих семян равна 0,2 мг CO₂ на 1г сухой массы в час, а содержание воды в семенах 35,7 %.

Билет № 5

1. Структура и функции клеточной стенки растений. Особенности строения первичной и вторичной клеточных стенок.
2. Биосинтез хлорофилла.
3. Механизмы регуляции устьичной транспирации.
4. Рассчитайте, какую долю объема растительной клетки занимает цитоплазма, если известно, что клетка имеет сферическую форму диаметром 60 мкм и содержит одну сферическую вакуоль диаметром 45 мкм.

Билет № 6

1. Клетка как осмотическая система. Роль осмотического давления в жизнедеятельности клетки.
2. Электронно-возбужденное состояние хлорофилла. Типы дезактивации возбужденного состояния.
3. Физиологическая роль азота. Нарушения, возникающие в растении при недостатке азота.
4. Транспирационный коэффициент равен 125 мл/г. Найти продуктивность транспирации.

Билет № 7

1. Особенности структурной организации и функции пластид.
2. Цикл Кребса. Химизм реакций. Энергетический выход.
3. Этилен. Структура, синтез, физиологическая роль, механизм действия.
4. За 5 суток в процессе фотосинтеза растение с площадью листьев 50 дм² накопило 12 г сухой массы. Вычислите чистую продуктивность фотосинтеза.

Билет № 8

1. Каротиноиды. Классификация, строение, функции.
2. Цикл Кребса-Корнберга, его роль в метаболизме.
3. Ростовые движения растений.
4. Осмотическое давление клеточного сока – 12 атм., температура +18°C. Куда пойдет вода в клетку или из клетки, если ее поместить в 0,5 М раствор сахарозы?

Билет № 9

1. Показатели транспирации. Влияние внешних факторов на интенсивность транспирации.
2. Классификация растений по метаболизму CO₂ в процессе фотосинтеза.
3. Брассиностероиды. Структура, физиологическая роль, взаимодействие с другими фитогормонами.
4. Определите, сколько CO₂ выделяют 50 г почек березы за 10 часов, если интенсивность их дыхания составляет 10 мг CO₂ на 1 г сухого вещества в сутки, а влажность почек – 70%.

Билет № 10

1. Структура, свойства и роль воды в жизнедеятельности растений.
2. Характеристика нециклического фотофосфорилирования.
3. Особенности дыхания растений. Значение процесса дыхания в жизнедеятельности растений.
4. Чему равно осмотическое давление клеточного сока, если тургорное давление равно 6 атм., а сосущая сила 2 атм.?

Билет № 11

1. Структурные компоненты протоплазмы.
2. Механизмы миграции энергии в системе фотосинтетических пигментов.
3. Субстратное фосфорилирование.
4. Транспирационный коэффициент равен 150 мл/г. Найти продуктивность транспирации.

Билет № 12

1. Митохондрии. Их структура и функции. Изменение ультраструктуры в зависимости от функционального состояния организма.
2. СЗ-путь фотосинтеза. Основные этапы, характеристика.
3. Механизмы поступления воды в растительную клетку.
4. Определить сосущую силу клеток при $+20^{\circ}\text{C}$, если известно, что в 0,5 М растворе сахарозы размеры клеток уменьшаются, а в 0,4 М – увеличиваются.

Билет № 13

1. Характеристика компонентов ЭТЦ дыхания.
2. Пассивный транспорт ионов в растительную клетку.
3. Действие низких положительных температур и холодоустойчивость растений.
4. За 1 час в процессе фотосинтеза растение усвоило 520 мг углекислого газа и накопило 0,4 г сухой массы. Вычислите коэффициент эффективности фотосинтеза.

Билет № 14

1. Характеристика световых стадий фотосинтеза.
2. Жасминовая и салициловая кислоты, структура, синтез, физиологическая роль.
3. Различные типы взаимодействия между ионами: антагонизм, синергизм, аддитивность.
4. Сколько CO_2 выделяют 5 кг семян за 4 суток, если известно, что интенсивность дыхания этих семян равна 0,15 мг CO_2 на 1 г сухой массы в час, а содержание воды в семенах составляет 28 %.

Билет № 15

1. Окислительный пентозофосфатный цикл и его роль в метаболизме.
2. Состояние воды в растении. Свободная и связанная вода. Физиологическое значение.
3. Фотопериодизм. Регуляция фотопериодических реакций фитохромом.
4. Определить быстроту расходования воды (экономичность транспирации), если интенсивность транспирации составляет 0,35 г/дм² в час, поверхность листьев – 320 см², сырая масса растения – 12 г, а абсолютно сухая – 2,8 г.

Билет № 16

1. Метаболизм углерода по типу толстянковых (САМ-цикл или МОКТ-цикл).
2. Окислительное фосфорилирование в дыхательной цепи. Энергетическая эффективность процесса.
3. Сосущая сила клетки, ее роль в жизнедеятельности растения.
4. За какое время растение с листовой поверхностью 5 м² и интенсивностью фотосинтеза равной 25 мг сухого вещества на 1 дм²/ч накопит 100 г сухого вещества.

Билет № 17

1. Основные элементы цитоскелета растительной клетки, его функции.
2. Особенности липидного и белкового состава фотосинтетических мембран растений.
3. Соединения серы в растении, их роль в жизнедеятельности растений.
4. Сколько воды испарит растение за 5 мин, если интенсивность транспирации его равна 120 г/м²/ч, площадь листьев 240 см².

Билет № 18

1. С2-путь (фотодыхание). Суть и физиологическая роль.
2. Радиальный транспорт воды в растении.
3. Общие закономерности роста и развития растений. Кривая роста.
4. Энергетический выход процесса фотосинтеза равен 0,16. Рассчитайте запасенную энергию, если поглощенная энергия составляет 820 ккал.

Билет № 19

1. Структура ЭТЦ фотосинтеза, компоненты и их характеристика.
2. Корневая система как орган поглощения воды.
3. Действие высоких температур и жароустойчивость растений.
4. Дыхательный коэффициент семян подсолнечника 0,8. Сколько CO_2 выделяют семена, если они поглотили 24 мг O_2 .

Билет № 20

1. Структура фотосинтетического аппарата растений на различных уровнях организации (лист, клетка, хлоропласт, тилакоидная мембрана).
2. Механизм передвижения воды по растению.
3. Тургорные движения растений.
4. Определить осмотическое давление клеточного сока при $+22^\circ\text{C}$, если известно, что изотонический раствор сахарозы для данной клетки имеет концентрацию 0,35 М.

Билет № 21

1. Мембранный принцип организации структурных элементов растительной клетки.
2. Фикобилипротеины. Строение, свойства и функции.
3. Фазы роста клеток (эмбриональная, растяжения, дифференцировки).
4. За 2 суток 10 кг яблок выделили 150 г CO_2 . Рассчитайте интенсивность дыхания плодов.

Билет № 22

1. Функциональные особенности структуры листа C_4 -растений.
2. Структура и механизм работы нижнего и верхнего концевых двигателей.
3. Локализация роста у растений. Типы роста.
4. Определить направление движения воды в двух соседних клетках, если в первой клетке осмотическое давление клеточного сока 10 атм., а тургорное – 6 атм., а у второй – соответствующие показатели составляют 9 и 4 атм. Объясните.

Билет № 23

1. Строение устьиц и механизм устьичных движений.
2. Ростовые корреляции. Полярность. Тотипотентность.
3. Законы диффузии.
4. Сколько органического вещества выработает дерево за 30 минут, если известно, что интенсивность фотосинтеза составляет 15 мг на 1 $\text{дм}^2/\text{ч}$, а поверхность листьев составляет 6 м^2 .

Билет № 24

1. Локализация и основные этапы биосинтеза каротиноидов.
2. Транспирация и ее виды.
3. Роль и функциональные нарушения в растениях при недостатке азота.
4. Осмотическое давление клеточного сока 16 атм., а тургорное давление составляет $3/4$ от максимальной величины. Определить сосущую силу клетки.

Билет № 25

1. Определение понятий «рост» и «развитие» растений. Показатели роста.
2. Белки теплового шока. Классификация, функции, индукция синтеза.
3. Характеристика транспортных АТФаз, их роль в поступлении ионов клеткой.
4. В процессе дыхания яблоки выделили 240 мг CO_2 . Сколько кислорода они поглотили, если известно, что их дыхательный коэффициент составляет 1,2.

Билет № 26

1. Цикл Кальвина. Природа первичного акцептора CO_2 .
2. Структура, типы и функции ионных каналов.

3. Гормональная система растений. Взаимодействие фитогормонов.
4. Определить на какую высоту поднимется раствор по капиллярным силам в сосудах ксилемы диаметром 12 мкм. Поверхностное натяжение раствора составляет 75 дин/см.

Билет № 27

1. Микроструктура хлоропластов.
2. Пути окисления органических веществ в клетке. Унификация субстратов дыхания.
3. Типы покоя и факторы, его обуславливающие.
4. За вегетационный период растение накопило 2,1 кг органического вещества и испарило за это время 525 кг воды. Определить продуктивность транспирации.

Билет № 28

1. Взаимосвязь фотосинтеза и продуктивности растений. Урожай биологический и хозяйственный.
2. Активный транспорт ионов через мембрану.
3. Яровизация. Стратификация.
4. Дыхательный коэффициент семян подсолнечника 0,8. Сколько O₂ поглотят семена при дыхании, если известно, что они выделили 32 мг CO₂.

Таблица 9 – Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
ПК-1 – Способен осваивать и использовать базовые научно-теоретические знания и практические умения по предмету в профессиональной деятельности;				
1.	Задание закрытого типа	Как изменится интенсивность обмена веществ в клетке при увеличении части связанной воды? 1) увеличится; 2) уменьшится; 3) останется без изменения; 4) трудно ответить.	2) уменьшится;	2
2.		Фотодыхание у растений с С4-путем фотосинтеза не обнаруживается потому что 1. CO ₂ , выделяемый при фотодыхании, включается в клетках мезофилла листа в ЦУК и малат и реассимилируется. 2. РДФ-карбоксилаза таких растений более защищена в мезофилле листа от контакта с кислородом, выделяемого при фотосинтезе. 3. РДФ-карбоксилаза таких растений менее активна, чем у С3-растений	1. CO ₂ , выделяемый при фотодыхании, включается в клетках мезофилла листа в ЦУК и малат и реассимилируется.	3
3.		Устойчивость растения к стрессовому воздействию зависит: 1) от фазы онтогенеза; 2) не зависит от фазы онтогенеза; 3) не зависит от принадлежности растений к разным таксонам, экогруппам и жизненным формам; 4) зависит от принадлежности растений к таксономическим единицам, экогруппам и жизненным формам.	1) от фазы онтогенеза; 4) зависит от принадлежности растений к таксономическим единицам, экогруппам и жизненным формам.	2
4.		Основные причины гибели растений при низких отрицательных температурах: 1) коагуляция белков протоплазмы; 2) замерзающий клеточный сок расширяется в объеме и разрывает сосуды и	4) лед, образующийся в межклетниках, обезвоживает клетки и повреждает мембраны.	2

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		клетки растений; 3) нарушение процесса синтеза органических веществ; 4) лед, образующийся в межклетниках, обезвоживает клетки и повреждает мембраны.		
5.		Водный дефицит особенно действует на такие физиологические процессы: 1) поглощение воды, корневое давление, прорастание семян, устьичные движения, транспирация, фотосинтез, дыхание, активность ферментов, рост и развитие, соотношение минеральных веществ и др.; 2) не оказывает особого влияния на вышеперечисленные физиологические процессы; 3) оказывает только на величину корневого давления; 4) особенно действует только на процессы фотосинтеза и дыхания.	1) поглощение воды, корневое давление, прорастание семян, устьичные движения, транспирация, фотосинтез, дыхание, активность ферментов, рост и развитие, соотношение минеральных веществ и др.;	2
6.	Задание открытого типа	Веточка элодеи, погруженная в воду, освещается лучами спектра света одинаковой интенсивности: 1) красным; 2) синим. В каких лучах интенсивность фотосинтеза, судя по выделению кислорода, будет выше?	Кислорода будет выделяться больше при освещении веточки элодеи красным светом, чем синим. Это связано с тем, что при одинаковой энергии освещения красные лучи спектра содержат в 1,4 раза больше квантов, чем синие. Энергия 1 кванта лучей красного света (длина волны 700 нм) равна 1,77 электрон-вольта (эВ); энергия лучей синего света (длина волны 500 нм) равна 2,48 эВ. Интенсивность же фотосинтеза пропорциональна количеству квантов, уловленных хлорофиллом.	10
7.		Повышение влажности почвы с 70% до 100% от полной ее влагоемкости снижает поглощение воды, минеральных элементов и синтетическую активность корневой системы. Чем это объяснить?	При полной влагоемкости почвы (100% от ПВП) происходит вытеснение воздуха, в том числе кислорода, из межпочвенного пространства, и корни оказываются в анаэробных условиях. Недостаток аденозинтрифосфата (АТФ), возникающий при нарушении дыхания, тормозит поглощение воды и минеральных элементов, снижает активность синтетических и выделительных процессов корневой системы. Все эти процессы нуждаются в обеспеченности энергией АТФ.	10

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
8.		Из побегов нижних и средних ярусов взрослой яблони приготовили черенки. Какие из них лучше укоренились, а развившиеся растения быстрее зацвели?	Быстрее укоренятся черенки, приготовленные из нижних побегов, а зацветут - из верхних. Это связано с тем, что побеги физиологически не все одинаковы, а в зависимости от места своего нахождения более или менее индивидуализированы, сохраняют особенности и свою природу. Черенок из цветущей зоны более склонен к обильному цветению, чем черенок из вегетирующих побегов; из корневого отпрыска, развившегося в растение, легче получить быстроукореняющиеся черенки. Это важное в теоретическом и практическом отношении явление австрийский физиолог Г.Молиш назвал топофизисом (от греч. тоπος - место и физис - природа.	10
9.		Листья двух видов растений были подвергнуты обезвоживанию. Листья первого растения погибли, листья второго Сохранили жизнеспособность. Какое свойство протоплазмы в этом опыте имело решающее значение?	Листья второго вида растений при воздействии обезвоживания дольше сохраняли жизнеспособность за счет более высокой эластичности протоплазмы. Благодаря этому свойству листья даже после сильного обезвоживания быстро восстанавливали свои физиологические функции.	8
10.		Что более опасно для растений: зимние морозы или поздние весенние заморозки?	Для растения более опасны поздние весенние заморозки, чем сильные зимние морозы. Так, берега легко выдерживает 30-40 ° мороза зимой, но может легко вымерзнуть в вегетирующем состоянии при минус 5°. Для большинства видов растений "возврат" холодов всегда опасен. Это связано с тем, что клетки растений вышли из состояния покоя, определяющего морозоустойчивость, имеют много воды, уменьшили содержание сахаров и понизили концентрацию клеточного сока.	6

Таблица 10 – Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий/баллы	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
Основной блок				
1	Выступления на семинарских занятиях:			По расписанию
1.1	Полный ответ на вопрос	6/2	12	
1.2	Дополнение	6/0,5	3	
3.	Контр. работа(тест)	5/5	25	По расписанию
4.	Лабораторная работа	5/5	25	
5.	Выполнение домашнего задания	6/2	12	
Всего			77	
Блок бонусов:				
6.	Отсутствие пропусков лекций	+2	7	По расписанию
7.	Отсутствие пропусков практических занятий	+2		
8.	Активность студентов на занятиях	+2		
9.	Подготовка презентации к сообщению	+1		
Всего			7	
Дополнительный блок				
10.	Экзамен		10	
Итого			100	

Таблица 11 – Система штрафов (для одного занятия)

Опоздание (2 и более)	-2
Не готов к семинару	-3
Нарушение учебной дисциплины	-2
Пропуски лекций без уважительных причин (за 1 лекцию)	-2
Пропуски семинаров без уважительных причин (за 1 занятие)	-2

Таблица 12 – Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине (модулю)

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
90–100	5 (отлично)	Зачтено
85–89	4 (хорошо)	
75–84		
70–74		
65–69		
60–64	3 (удовлетворительно)	
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1 Основная литература:

1. Полевой, В.В. Физиология растений : учеб. для вузов. - М. : Высш. шк., 1989. - 464 с. : илл. - 1-70. (50 экз.)
2. Якушкина, Н.И. Физиология растений : учеб. пособ. для студ. биолог. спец. пед. ин-тов. - 2-е изд. ; перераб. - М. : Просвещение, 1993. - 335 с. : илл. - 450-00. (88 экз.)
3. Кузнецов, В.В. Физиология растений : доп. М-вом образования и науки РФ в качестве учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлениям подгот. бакалавров и магистров "Агрохимия и агропочвоведение", "Агрономия" и направлениям подгот. дипломированных специалистов "Агрохимия и агропочвоведение", "Агрономия". - 2-е изд. ; перераб. и доп. -

М. : Высш. шк., 2006. - 742 с. : ил. - (Лауреат конкурса АСКИ "Лучшие книги 2006 года"). - ISBN 5-06-005703-8: 418-60 : 418-60. (22 экз.)

4. Якушкина, Н.И. Физиология растений : доп. УМО по специальностям пед. образования М-ва образования и науки РФ в качестве учеб. для студентов вузов, ... по специальности 032400 "Биология". - М. : ВЛАДОС, 2005. - 464 с. : рис., табл. - (Учеб. для вузов). - ISBN 5-691-01353-X: 150-00, 112-07 : 150-00, 112-07. (12 экз.)

5. Шабельская, Э.Ф. Физиология растений: Учеб. пособ. для пед. ин-тов. - Минск : Выш. школа, 1987. - 320 с. : илл. - 1-00. (5 экз.)

8.2 Дополнительная литература:

1. Рогожин В.В., Практикум по физиологии и биохимии растений[Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.В. Рогожин, Т.В. Рогожина - СПб. : ГИОРД, 2013. - 352 с. - ISBN 978-5-98879-151-5 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785988791515.html>

2. Кузнецов В.В., Физиология растений [Электронный ресурс] : Учебник / Вл.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. - М. : Абрис, 2012. - 783 с. - ISBN 978-5-4372-0046-9 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200469.html>

8.3 Интернет-ресурсы, необходимые для освоения дисциплины (модуля)

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам <http://window.edu.ru>
2. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://minobrnauki.gov.ru>
3. Министерство просвещения Российской Федерации <https://edu.gov.ru>
4. Федеральное агентство по делам молодежи (Росмолодёжь) <https://fadm.gov.ru>
5. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки (Рособрнадзор) <http://obrnadzor.gov.ru>
6. Сайт государственной программы Российской Федерации «Доступная среда» <http://zhit-vmeste.ru>
7. Российское движение школьников <https://пдш.рф>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Лабораторные занятия рекомендуется проводить в аудитории № 212 – *лаборатория по анатомии и морфологии растений* (учебный корпус № 2). Аудитория оснащена следующими материалами и оборудованием, необходимым для проведения учебных занятий:

1. Доска - 1 шт.
2. Рабочее место преподавателя - 1 шт.
3. Учебные столы - 12 шт.
4. Стулья - 24 шт.
5. Микроскопы Biolam – 12 шт.
6. Тринукулярный микроскоп Н604Т с системой ввода изображения -1 шт.
7. Микроскоп Микмед – 1 Гар-6 – 1 шт.
8. Микроскоп Микромед 3 – 1 шт.
9. Цветная цифровая окулярная видеокамера МА88-1 шт.
10. Цифровая камера Moticam 1000 – 1 шт.
11. Комплект визуализации с цифровой фотокамерой – 1 шт.
12. Телевизор Samsung 7202 – 1 шт.\
13. Стойки для таблиц-2 шт.
14. Пробирки-20 шт.
15. Чашки Петри – 60 шт.
16. Скальпель – 2 шт.
17. Препаровальные иглы – 15 шт.
18. Колбы – 8 шт.
19. Пинцет – 7 шт.

20. Спиртовки – 4 шт.
21. Стеклянные чаши – 3 шт.
22. Мерные пробирки – 3 шт.
23. Штативы для пробирок – 4 шт.
24. Кювет – 3 шт.
25. Химические стеклянные палочки – 18 шт.
26. Стеклянный дозатор – 4 шт.
27. Воронка – 2 шт.
28. Пробиркодержатель – 5 шт.
29. Сетки для сушки гербарных образцов – 30 пар.
30. Гербарные сетки для сбора гербарных образцов – 20 шт.
31. Лопатки для сбора растений – 7 шт.
32. Лупы-4 шт.
33. Готовые гербарные образцы:
34. По морфологии растений – 32 папки.
35. По семействам растений – 64 папки.
36. По месту сбора – 30 папок.

Лекционные занятия проходят в аудитории №101, оснащенной необходимым оборудованием для проведения лекций с презентацией:

1. Доска маркерная - 1 шт.
2. Рабочее место преподавателя - 1 шт.
3. Учебные столы - 13шт.
4. Стулья - 30 шт.
5. Проектор - 1 шт.
6. Экран проектора – 1 шт.
7. Плазменная панель- 1 шт.
8. Компьютер – 1 шт.

Рабочая программа дисциплины (модуля) при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. Для инвалидов содержание рабочей программы дисциплины (модуля) может определяться также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).