

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Биологический факультет

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Фотосинтез**

Кафедра физиологии растений и теории эволюции  
биологического факультета

Образовательная программа  
**06.03.01 Биология**

Направленность (профиль) программы  
**Общая биология**

Уровень высшего образования  
**Бакалавриат**

Форма обучения  
**очная, очно-заочная**

Статус дисциплины: входит в часть ОПОП, формируемую  
участниками образовательных отношений; дисциплина по выбору

Махачкала, 2021 г.

Рабочая программа дисциплины «Фотосинтез» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 06.03.01 Биология « 07 » августа 2020 г. № 920 .

Разработчик(и): кафедра физиологии растений и теории эволюции ДГУ, Гаджиева И.Х., кандидат биологических наук, доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры физиологии растений и теории эволюции от «11» июня 2021 г., протокол № 10

И.о. зав. кафедрой  Алиева З.М.

на заседании Методической комиссии биологического факультета от «02» июля 2021 г., протокол № 11

Председатель  Рамазанова П.Б.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «09» июля 2021 г.

Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.

### Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Фотосинтез» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений; является дисциплиной по выбору ОПОП бакалавриата по направлению подготовки /специальности 06.03.01 Биология

Дисциплина реализуется на биологическом факультете кафедрой физиологии растений и теории эволюции.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с фотофизическими и биохимическими процессами трансформации световой энергии в энергию органических соединений у растений разных таксономических и экологических групп.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных - ОПК-3 и профессиональных – ПК-1.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Программой дисциплины предусмотрено проведение следующих видов контроля успеваемости: в форме устной проверки, письменных развернутых ответов, коллоквиумов и промежуточный контроль в форме зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 зачетных единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий - 72 ч.

Очная форма обучения

С Е М Е С Т Р	Учебные занятия				СРС	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе					
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем				
		Всего	из них			
			Лекции	Лабораторные занятия		
6	72	24	12	12	48	зачет

Очно-заочная форма обучения

С Е М Е С Т Р	Учебные занятия				СРС	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе					
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем				
		Всего	из них			
			Лекции	Лабораторные занятия		
6	72	28	14	14	44	зачет

#### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) «Фотосинтез» являются

- развитие понятий о роли фотосинтеза в биосфере Земли, механизмах фотофизических, фотохимических и биохимических процессов фотосинтеза и их регуляции, о разнообразных путях фотосинтеза сформировавшихся в процессе эволюции;
- развитие у студентов социально-личностных качеств: организованности, трудолюбия, ответственности, повышение общей культуры.

#### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Фотосинтез» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений; является дисциплиной по выбору ОПОП бакалавриата по направлению подготовки /специальности 06.03.01 Биология.

Для изучения дисциплины «Фотосинтез» необходимы знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения анатомии морфологии растений, физиологии растений и биохимии. Освоение дисциплины «Фотосинтез» необходимо как предшествующее для курсов молекулярной биологии, фотобиологии, биотехнологии, эволюционной теории, экологии.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-3. Способен применять знание основ эволюционной теории, использовать современные представления о структурно-функциональной организации генетической программы живых объектов и методы молекулярной биологии, генетики и биологии развития для исследования механизмов онтогенеза и филогенеза в профессиональной деятельности	ОПК-3.1. Применяет знание основ эволюционной теории для исследования механизмов онтогенеза и филогенеза. ОПК-3.2. Использует современные представления о структурно-функциональной организации генетической программы живых объектов. ОПК-3.3. Применяет методы молекулярной биологии, генетики и биологии развития для исследования механизмов онтогенеза и филогенеза в профессиональной деятельности	<i>Знает:</i> основы эволюционной теории для исследования механизмов онтогенеза и филогенеза. <i>Умеет:</i> использовать современные представления о структурно-функциональной организации генетической программы живых объектов. <i>Владеет:</i> методами молекулярной биологии, генетики и биологии развития для исследования механизмов онтогенеза и филогенеза в профессиональной деятельности.	Устный и письменный опрос
ПК-1. Способен эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научно-исследовательских полевых и лабораторных биологических работ	ПК-1.1. Использует современную аппаратуру и оборудование для выполнения лабораторных работ ПК-1.2. Способен выполнять научно-исследовательские работы на современном техническом уровне ПК-1.3. Использует все технические и возможности и знания для выполнения полевых и лабораторных работ на высоком научном уровне	<i>Знает:</i> основы выполнения научно-исследовательской работы на современном техническом уровне <i>Умеет:</i> использовать современную аппаратуру и оборудование для выполнения лабораторных работ <i>Владеет:</i> техническими навыками и знаниями для выполнения полевых и лабораторных работ на высоком научном уровне	Устный и письменный опрос

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

Объем дисциплины 2 зачетные единицы, в том числе 72 в академических часах по видам учебных занятий.

##### 4.2. Структура дисциплины.

#### Очная форма обучения

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лекции	Лабораторные занятия		
<b>Модуль 1. Фотосинтетический аппарат растений. Пигменты листа.</b>						
1	Введение. Понятия фотосинтез, фотоавтотрофия, кислородная фотоавтотрофия. Сущность и значение фотосинтеза. Иерархия уровней организации фотосинтетического	6	2		8	Устный и письменный опрос
2	Пигментные системы фотосинтезирующих организмов. Хлорофиллы, каротиноиды, фикобилипротеиды, их строение и функции.		2	4	8	Устный и письменный опрос
3	Молекулярная организация фотосинтетических мембран. Общий план строения фотосинтетической мембраны растений. Гетерогенность и асимметрия фотосинтетических мембран. Фотосинтетической единицы, РЦ, ССК.		2		10	Устный и письменный опрос
	<i>Итого по модулю 1:</i>		6	4	26	1 зач.ед.(36 ак. ч.)

<b>Модуль 2. Фотофизические, фотохимические и энзиматические этапы фотосинтеза различных растений.</b>						
4	Разнообразие путей ассимиляции CO <sub>2</sub> в фотосинтезе. C <sub>4</sub> -тип фотосинтеза. Особенности анатомического строения листьев C <sub>4</sub> – растений Отдельные фазы C <sub>4</sub> – пути; характеристика ключевых ферментов. Биохимические отличия у различных представителей C <sub>4</sub> -растений.	6	2	4	8	Устный и письменный опрос
5	Метаболизм органических кислот по типу толстянковых (САМ-цикл). Особенности САМ-растений. Клетки мезофилла. Потоки метаболитов в хлоропласт и из него. Суточный ход фотосинтеза у кактусов. Развитие САМ-метаболизма у растений.		2		8	Устный и письменный опрос
6	C-4 путь и САМ-тип фотосинтеза. Цикл Хэтча-Слэка-Карпилова, его функциональное значение. САМ-тип фотосинтеза. Ферменты. Временная организация САМ-метаболизма.		2	4	6	Устный и письменный опрос
	<i>Итого по модулю 2:</i>		6	8	22	1 зач.ед. (36 ак. ч.)
	<b>ИТОГО</b>		12	12	48	2 зач.ед. (72 ак. ч.)

## Очно-заочная форма обучения

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лекции	Лабораторные занятия		
<b>Модуль 1. Фотосинтетический аппарат растений. Пигменты листа.</b>						
1	Введение. Понятия фотосинтез, фотоавтотрофия, кислородная фотоавтотрофия. Сущность и значение фотосинтеза. Иерархия уровней организации фотосинтетического	6	2		8	Устный и письменный опрос
2	Пигментные системы фотосинтезирующих организмов. Хлорофиллы, каротиноиды, фикобилипротеиды, их строение и функции.		2	4	8	Устный и письменный опрос
3	Молекулярная организация фотосинтетических мембран. Общий план строения фотосинтетической мембраны растений. Гетерогенность и асимметрия фотосинтетических мембран. Фотосинтетической единицы, РЦ, ССК.		2		10	Устный и письменный опрос
	<i>Итого по модулю 1:</i>		6	4	26	1 зач.ед.(36 ак. ч.)
<b>Модуль 2. Фотофизические, фотохимические и энзиматические этапы фотосинтеза различных растений.</b>						
4	Разнообразие путей ассимиляции CO <sub>2</sub> в фотосинтезе. C <sub>4</sub> -тип фотосинтеза.	6	4	4	8	Устный и письменный опрос

	Особенности анатомического строения листьев С <sub>4</sub> – растений Отдельные фазы С <sub>4</sub> – пути; характеристика ключевых ферментов. Биохимические отличия у различных представителей С <sub>4</sub> -растений.				
5	Метаболизм органических кислот по типу толстянковых (САМ-цикл). Особенности САМ-растений. Клетки мезофилла. Потоки метаболитов в хлоропласт и из него. Суточный ход фотосинтеза у кактусов. Развитие САМ-метаболизма у растений.	2	2	6	Устный и письменный опрос
6	С-4 путь и САМ-тип фотосинтеза. Цикл Хэтча-Слэка-Карпилова, его функциональное значение. САМ-тип фотосинтеза. Ферменты. Временная организация САМ-метаболизма.	2	4	4	Устный и письменный опрос
	<i>Итого по модулю 2:</i>	8	10	18	1 зач.ед. (36 ак. ч.)
	<b>ИТОГО</b>	14	14	44	2 зач.ед. (72 ак. ч.)

#### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

##### 4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине – 12 ч.

##### Модуль 1. Фотосинтетический аппарат растений. Пигменты листа

##### Тема 1. Структурная основа фотосинтеза.

Понятия фотосинтез, фотоавтотрофия, кислородная фотоавтотрофия. Сущность и значение фотосинтеза. Иерархия уровней организации фотосинтетического аппарата. Структура и функции хлоропластов.

##### Тема 2. Пигментные системы фотосинтезирующих организмов.

Хлорофиллы. Химическая структура, спектральные свойства, многообразие форм, функции. Хлорофилл-белковые комплексы.

Каротиноиды. Химическое строение, свойства, спектры поглощения, функции.

Фикобилипротеиды. химическое строение, спектральные свойства, функции. Локализация в мембранах, фикобилисомы.

Функциональное и экологическое значение различных форм пигментов. Явление хроматической адаптации.

**Тема 3.** Молекулярная организация фотосинтетических мембран.

Общий план строения фотосинтетической мембраны растений. Гетерогенность и асимметрия фотосинтетических мембран.

Фотосинтетической единицы. Реакционные центры и светособирающие (антенные) комплексы.

Локализация фотосистем на разных мембранах. Водоокисляющий комплекс. Строение, локализация. Выделение кислорода при фотосинтезе. Квантовый характер процесса.

Компоненты ЭТЦ фотосинтеза.

**Модуль 2. Фотофизические, фотохимические и энзиматические этапы фотосинтеза различных растений.**

**Тема 4.** Световая фаза фотосинтеза.

Фотофизические и фотохимические реакции фотосинтеза.

Поглощение света пигментами. Электронновозбужденные состояния. Миграция энергии в пигментных системах.

Преобразование энергии и окислительно-восстановительные процессы в реакционном центре.

Транспорт электронов и перенос протонов в ЭТЦ хлоропластов. Циклический и нециклический транспорт электронов у растений и бактерий.

Эффект Эмерсона. Сопряженное функционирование I и II фотосистем

Фотофосфорилирование. Организация и работа фотосинтетической АТФ-синтетазы.

**Тема 5.** Темновая фаза фотосинтеза. Биохимические реакции фотосинтеза

Пентозофосфатный восстановительный путь (цикл Кальвина-Бэнсона). Ферменты цикла, реакции, локализация и кинетические свойства. Первичные продукты фотосинтеза и их превращения. Регенерация акцептора углекислоты. Стабильные продукты фотосинтеза, их синтез, ферменты, локализация.

Фотодыхание. Гликолатный путь фотосинтеза.

Функциональное взаимодействие хлоропластов, пероксисом, митохондрий.

Происхождение и значение.

**Тема 6.** С-4 путь и САМ-тип фотосинтеза.

Цикл Хэтча-Слэка-Карпилова, его функциональное значение.

Пространственная организация, особенности строения хлоропластов клеток мезофилла и обкладки с/в пучков, их функциональное взаимодействие. Ферменты первичной ассимиляции углекислоты. Реакции декарбоксилирования. Характеристика ключевых ферментов С-4 пути, их биохимическое разнообразие – НАД-МЭ, НАДФ-МЭ и ФЭП-КК типы. Структурное разнообразие С4-фотосинтеза и основные типы Кранц-анатомии у злаков, осок и маревых.

Экологическое значение С-4 фотосинтеза. Происхождение и распространение С-4 растений.

САМ-тип фотосинтеза. Ферменты. Временная организация САМ-метаболизма. Индукция САМ.

Распространение САМ-растений.

Эволюция метаболических путей фотосинтеза.

Закономерности глобального распределения растений с разными типами фотосинтеза.

#### **4.3.2. Содержание лабораторных занятий по дисциплине – 12 ч.**

**Модуль 1. Фотосинтетический аппарат растений. Пигменты листа.**

Тема 1. Определение качественного состава пигментов у различных фототрофов методом тонкослойной хроматографии.

**Модуль 2. Фотофизические, фотохимические и энзиматические этапы фотосинтеза различных растений.**

Тема 2. Выделение хлоропластов при механическом разрушении тканей листа. Замораживание и хранение в жидком азоте изолированных хлоропластов.

Тема 3. Определение активности хлорофиллазы методом разделения фитольных и бесфитольных форм зеленых пигментов.

### **5. Образовательные технологии**

В процессе преподавания дисциплины «Фотосинтез» применяются следующие образовательные технологии: традиционная (лекции, лабораторные занятия и семинары), групповой способ обучения (ГСО); лекция-беседа, лекция-визуализация. На семинарских занятиях используется метод разбора конкретных ситуаций.

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

### 6.1. Методические указания студентам

Самостоятельная работа студента выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя и реализуется непосредственно в процессе аудиторных занятий – на лекциях и лабораторных занятиях, а также вне аудитории – в библиотеке, на кафедре, дома и т.д. Управление самостоятельной работой студента и контроль над её выполнением осуществляет преподаватель, в том числе в режиме on-line (Zoom, Microsoft Teams).

#### Темы, виды и содержание самостоятельной работы по методике преподавания биологии

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
Уровни организации фотосинтетического аппарата растений. Структурная основа фотосинтеза. Строение листа как органа фотосинтеза.	Проработка учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе) и подготовка микрогlossария по темам.
Хлорофиллы: строение молекулы, распространение в растительном мире, химические и физические свойства. Образование феофитина. Флуоресценция. Спектры поглощения хлорофиллов. Фотосинтетически активная радиация (ФАР), энергетическая эффективность спектров и приспособления растений для их поглощения. Состояние хлорофиллов в хлоропластах. Значение различных форм хлорофилла в процессе фотосинтеза.	Работа с тестами и вопросами для самопроверки, подготовка презентаций.
Циклический и нециклический транспорт электронов, их основное отличие. Скорости передачи электронов между отдельными переносчиками ЭТЦ. Взаимодействие ФС-I ФС-II в ламеллах гран и стромы.	Проработка учебного материала (по учебной и научной литературе) и подготовка сообщений; работа с тестами и вопросами для самопроверки, подготовка презентаций.
Понятие о циклическом, нециклическом и псевдоциклическом фотофосфорилировании. Локализация фосфорилирующих центров в циклическом и нециклическом фотофосфорилировании.	Проработка учебного материала (по учебной и научной литературе) и подготовка сообщений; работа вопросами для самопроверки, подготовка микрогlossария
Цикл Кальвина или C <sub>3</sub> -тип фотосинтеза, фазы цикла: карбоксилирование, восстановление, регенерация акцептора. Участие карбонангидразы в первичных реакциях ассимиляции CO <sub>2</sub> .	Работа с тестами и вопросами для самопроверки, решение задач; поиск и обзор научных публикаций и электронных источников.
C <sub>4</sub> -тип фотосинтеза: кооперативное взаимодействие клеток мезофилла и обкладки при ассимиляции CO <sub>2</sub> . Фотосинтетическая деятельность клеток мезофилла и обкладки проводящих пучков. Характеристика структурных и биохимических особенностей различных групп C <sub>4</sub> -растений.	Проработка учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе) и подготовка сообщений; работа с тестами и вопросами для самопроверки; поиск и обзор научных публикаций

	и электронных источников.
Механизм действия РДФ-карбоксилазы-оксигеназы. Локализация отдельных этапов гликолатного пути фотосинтетического усвоения CO <sub>2</sub> в хлоропластах, пероксисомах и митохондриях.	Работа с тестами и вопросами для самопроверки; поиск и обзор научных публикаций и электронных источников.
Влияние внешних и внутренних факторов на фотосинтез у C <sub>3</sub> и C <sub>4</sub> – растений. Понятие о компенсационной точке и точке светового насыщения. Различия световых кривых у светолюбивых и теневыносливых растений, у C <sub>3</sub> - и C <sub>4</sub> -растений. Коэффициент использования солнечной энергии при фотосинтезе. Эволюционные аспекты фотосинтеза: роль конвергентной и дивергентной эволюции в становлении C <sub>4</sub> - и САМ-типа метаболизма.	Проработка учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе) и подготовка сообщений; работа с тестами и вопросами для самопроверки; подготовка презентаций.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

### **7.1. Типовые контрольные задания**

#### **Примерные тестовые задания.**

1. Полипептиды фотосистемы I обеспечивают:

- а) поглощение световой энергии;
- б) образование пигмент-белковых комплексов;
- в) фотоокисление воды;
- г) ориентацию пигментов светособирающего комплекса (ССК-I);
- д) расположение в определенном порядке компонентов реакционного центра (РЦ-I).

2. Реакционные центры фотосистемы I и ее светособирающие комплексы локализованы:

- а) в водоокисляющем центре;
- б) в строме;
- в) в частях мембраны, обращенных к строме;
- г) имеют иное расположение.

3. Комплекс фотосистемы I обеспечивает:

- а) выделение кислорода;
- б) фотоиндуцированное окисление пластоцианина;
- в) восстановление ферредоксина;
- г) генерацию несимметричного трансмембранного распределения электрических зарядов;
- д) работу водоокисляющего комплекса

4. Комплекс фотосистемы II обеспечивает:

- а) фотоокисление воды;
- б) восстановление пластохинона;
- в) окисление пластоцианина;
- г) ассиметричное трансмембранное разделение электрических зарядов;
- д) генерацию химического потенциала ионов водорода;
- е) окисление ферредоксина.

5. Первичная фотофизическая стадия фотосинтеза – это:

- а) фотовозбуждение молекул хлорофилла;
- б) фотоокисление воды;
- в) фотофосфорилирование;
- г) миграция энергии;
- д) иные процессы.

6. Растворимый в стромальной фазе хлоропласта ферредоксин обеспечивает:

- а) поглощение света;
- б) работу фотосистемы II;

- в) синтез конечных продуктов фотосинтеза;
- г) транспорт электронов от реакционного центра фотосистемы I к НАДФ<sup>+</sup> с образованием НАДФ·Н;
- д) окисление пластохинонов;
- е) восстановление ферредоксин-НАДФ-оксидоредуктазы.

7. Виды растений с C<sub>4</sub>-метаболизмом широко представлены во всем царстве высших растений.

Они отличаются от C<sub>3</sub>-растений:

- а) способностью к высокоэффективному фотосинтезу;
- б) высоким температурным оптимумом для фотосинтеза;
- в) отсутствием заметного фотодыхания;
- г) специфической анатомией листа;
- д) насыщение C<sub>4</sub>-фотосинтеза наступает лишь при низкой интенсивности света;
- е) фотосинтез C<sub>4</sub>-растений лимитируется фотодыханием при атмосферных концентрациях CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub>.

8. Взаимодействие реакционных центров фотосистемы I и фотосистемы II происходит:

- а) при распределении между ними поглощенной энергии;
- б) в процессе переноса электронов;
- в) в темновых реакциях фотосинтеза;
- г) при ассимиляции CO<sub>2</sub>;
- д) при фотоокислении воды.

9. У C<sub>4</sub>-растений реакция карбоксилирования локализована в:

- а) хлоропластах клеток обкладки;
- б) строме хлоропластов клеток мезофилла;
- в) цитоплазме клеток мезофилла;
- г) цитоплазме клеток обкладки;
- д) строме хлоропластов клеток обкладки.

10. Разделение процесса фотосинтеза и фотодыхания происходит на уровне:

- а) фосфорилирования рибулозы;
- б) рибулозобисфосфат карбоксилазы;
- в) рибулозо-1,5-бисфосфата;
- г) фиксации CO<sub>2</sub>;
- д) выделения CO<sub>2</sub>.

**7.1.1. Тематика рефератов, эссе и творческих работ студентов – не предусматривается.**

**7.1.2. Вопросы для итогового контроля (зачет)**

1. Иерархия уровней организации фотосинтетического аппарата.
2. Лист как специализированный орган фотосинтеза. Регуляция устьичных движений.
3. Структура и функции хлоропластов. Особенности мембранной организации. Характеристика пластидного генома.
4. Хлорофиллы. Химическая природа, спектральные свойства. Биосинтез и метаболизм. Многообразие форм хлорофиллов.
5. Каротиноиды. Химическая природа, спектральные свойства. Значение. Виолксантиновый цикл.
6. Фикобилипротеины. Химическая природа, спектральные свойства. Распространение в разных группах фотоавтотрофов.
7. Функциональное и экологическое значение различных форм пигментов.
8. Молекулярная организация сопрягающих мембран хлоропластов. Свойства пластидных мембран.
9. Белковые компоненты тилакоидных мембран. Генетическая система пластид.
10. Реакционные центры и светособирающие комплексы.
11. Структурно-функциональная организация АТФ-комплекса.
12. Миграция энергии в системе фотосинтетических пигментов.

13. Фотофизический этап фотосинтеза.
14. Фотохимические процессы. Преобразование энергии и окислительно-восстановительные процессы в реакционном центре.
15. Строение и функции РЦ и ССК фотосистемы I и фотосистемы II. Локализация фотосистем на разных мембранах.
16. Фотосинтетическая электронтранспортная цепь. Циклический и нециклический потоки электронов. Псевдоциклический путь.
17. Фотофосфорилирование. Механизмы. Энергетическая эффективность фотосинтеза.
18. Фотоокисление воды, доказательства водного происхождения кислорода. Структура водоокисляющего комплекса.
19. Фотосинтетический метаболизм углерода. Восстановительный пентозофосфатный цикл (цикл Кальвина-Бенсона). Ключевые ферменты, локализация и регуляция.
20. Фотодыхание. Механизм действия РДФ-карбоксилазы-оксигеназы.
21. Особенности фотодыхания у C<sub>3</sub>- и C<sub>4</sub>-растений. Интенсивность фотодыхания у C<sub>3</sub> и C<sub>4</sub>-растений.
22. Гликолатный путь фотосинтетического усвоения CO<sub>2</sub>. Внутриклеточная локализация ферментов гликолатного пути.
23. Структурные и биохимические особенности различных групп C<sub>4</sub>-растений.
24. Особенности функционирования цикла Кальвина у C<sub>4</sub>-растений.
25. САМ-тип фотосинтетического метаболизма.
26. Экологическая роль C<sub>4</sub> и САМ-типов фотосинтеза.
27. Свет как фактор фотосинтеза. Световые кривые. Квантовый выход и квантовый расход фотосинтеза. Фотосинтез и спектральный состав света.
28. CO<sub>2</sub> как фактор фотосинтеза. Субстратная и регуляторная роль CO<sub>2</sub>. Карбоангидраза. Углекислотный компенсационный пункт (УКП). УКП C-3 и C-4 растений.
29. Температура и водный режим как факторы фотосинтеза. Дневной ход фотосинтеза.
30. Эволюция фотосинтеза.

## **7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля (зачет) - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает: контроль текущей успеваемости на занятиях (40 баллов) (устные ответы, письменные работы, активная работа при актуализации опорных знаний на лекциях и при мини-тестировании; выполнение лабораторных заданий, анализ полученных результатов выполнение домашних самостоятельных работ (СРС)) и рубежный контроль (60 баллов), который проводится по окончании дисциплинарного модуля в виде коллоквиума.

Промежуточный контроль по дисциплине – зачет

### ***Критерии оценки знаний студентов на практических занятиях.***

Оценивание работы студентов на практических занятиях проводится по пятибалльной шкале:

Оценка «отлично» (5 баллов) выставляется, если студент активно работает в течение всего практического занятия, дает полные ответы на вопросы преподавателя в соответствии с планом практического занятия и показывает при этом глубокое овладение лекционным материалом, знание соответствующей литературы, способность выражать собственное отношение к рассматриваемой ситуации, проявляет умение самостоятельно и аргументированно излагать материал, анализировать явления и факты, делать самостоятельные обобщения и выводы.

Оценка «хорошо» (4 балла) выставляется при условии соблюдения следующих требований: студент активно работает в течение практического занятия, выполняет задания, дает полные ответы на вопросы, учебный материал излагает логически последовательное, приводит примеры, освещение вопросов завершает выводами, проявляет умение анализировать факты и ситуации, а также выполняет все учебные задания. Но в ответах допускает неточности, некоторые незначительные ошибки, имеет место недостаточная аргументированность при изложении материала, выводы не совсем правильные, при выполнении заданий допускает незначительные ошибки.

Оценка «удовлетворительно» (3 балла) выставляется в том случае, когда студент в целом овладел содержанием по данной теме, показал относительное знание лекционного материала и учебной литературы по изучаемому вопросу, пытался анализировать факты и ситуации, делать выводы. Но на занятии вел себя пассивно, отвечает только по вызову преподавателя, давал неполные ответы на вопросы, допускал значительные ошибки при выполнении практического задания.

Оценка «неудовлетворительно» (2 и менее баллов) выставляется в случае, когда студент выполняет учебное задание с грубыми ошибками или вообще с ним не справляется, не может ответить на вопросы, не участвует в работе группы по обсуждению учебных вопросов и ситуаций.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

Основная литература:

1. Алехина Н.Д., Балнокин Ю.В., Гавриленко В.Ф. и др. Физиология растений. Под ред. Ермакова И.П. М., «Академия», второе издание, исправленное. - 2007.- 640 с.
2. Кузнецов, Вл.В. Физиология растений: Учебник / Вл.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. – М.: Абрис, 2011. - 783 с.
3. Медведев С.С. Физиология растений. Учебник. СПб.: Изд-во СПб.ун-та, 2004.- 336 с.
4. Эдвардс Дж., Уокер Д. Фотосинтез C<sub>3</sub>- и C<sub>4</sub>-растений: механизмы и регуляция. М.: Мир.- 1986.- 590 с.
5. Якушкина Н.И. Физиология растений: Учебник для студ. вузов обуч. по спец. 032400 «Биология» / Н.И. Якушкина, Е.Ю. Бахтенко. – М. : Гуманитар. изд. центр Владос, 2005. – 463 с.
6. Лысенко, В. С. Фотосинтез в хлорофилл-дефицитных тканях растений: флуоресцентные и фотоакустические исследования : монография / В. С. Лысенко. — Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2014. — 137 с. — ISBN 978-5-9275-1195-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/68584.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей. Адрес для входа: <https://www.iprbookshop.ru/68584.html>
7. Веретенников А.В. Физиология растений [Электронный ресурс]: учебник / А.В. Веретенников. - Электрон.текстовые данные. - М.: Академический Проект, 2010. - 480 с. - 5-8291-0755-4. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60364.html>  
Или:  
Веретенников, А. В. Физиология растений : учебник для вузов / А. В. Веретенников. — Москва : Академический проект, 2020. — 480 с. — ISBN 978-5-8291-3026-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110106.html> — Режим доступа: для авторизир. Пользователей  
Адрес доступа: <https://www.iprbookshop.ru/110106.html>

Дополнительная литература:

1. Андреев, В.П. Лекции по физиологии растений: учебное пособие / В.П. Андреев ; науч. ред. Г.А. Воробейков ; Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена. - Санкт-Петербург : РГПУ им. А. И. Герцена, 2012. - 300 с. : схем., табл., ил.

- Библиогр.: с. 281. - ISBN 978-5-8064-1666-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428272>.
- Или:
- Андреев, В. П. Лекции по физиологии растений : учебное пособие / В. П. Андреев. — Санкт-Петербург : Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, 2012. — 300 с. — ISBN 978-5-8064-1666-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/20552.html> — Режим доступа: для авторизир. Пользователей Адрес доступа: <https://www.iprbookshop.ru/20552.html>
2. Гавриленко В. М., Ладыгина М. Е., Хандобина Л. М. Большой практикум по физиологии растений. М.: Высш. шк., 1985. С. 202–208.
  3. Горишина Т. К. Фотосинтетический аппарат растений и условия среды. Л.: Наука.-1989. 204 с.
  4. Зеленский М. И., Сахарова О. В. Методика исследования фотофосфорилирования на основе измерения рН // Методы комплексного изучения фотосинтеза. Вып. 2. Л., 1973. С. 182–217.
  5. Кахнович Л. В. Фотосинтез: Курс лекций. Мн.: БГУ, 2002. С. 34–68.
  6. Клейтон Р. Фотосинтез. Физические механизмы и химические модели. М.: Мир.- 1984. 350 с.
  7. Климов В. В. Фотосинтетическое окисление воды // Фотобиология растений и фотосинтез: Годневские чтения VII. Мн., 2001. С. 5–21.
  8. Кочубей С. М. Организация пигментов фотосинтетических мембран как основа энергообеспечения. Киев: Наукова думка.- 1986. 176 с.
  9. Кочубей С. М. Организация фотосинтетического аппарата высших растений. Киев: Альтерпресс, 2001. 204 с.
  10. Лайск А. Х. Кинетика фотосинтеза С<sub>3</sub>- растений. М.: Наука.- 1991. 96 с.
  11. Машкова С.В. Ботаника и физиология растений [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО / С.В. Машкова, Е.И. Руднянская. - Электрон.текстовые данные. - Саратов: Профобразование, 2018. - 59 с. - 978-5-4488-0174-7. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/74505.html>
  12. Мокроносов А. Т. Онтогенетический аспект фотосинтеза. М.: Нау-ка, 1981. 196 с.
  13. Рубин А. А., Венедиктов Н. С., Кренделева Т. Е., Пашенко В. В. Регуляция первичных стадий фотосинтеза при изменении физиологического состояния растений // Фотосинтез и продукционный процесс. М., 1988. С. 24–40.
  14. Рубин А. Б. Принципы организации и регуляции первичных про-цессов фотосинтеза. Пушино, ОНТИ ПНЦ РАН, 1995. 38 с.
  15. Синещеков, В.А. Фитохром А: полиморфизм и полифункциональность / В.А. Синещеков. - М.: Издательство Научный мир, 2013. - 161 с. - ISBN 978-5-91522-361-4; То же [Электронный ресурс].- URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468785>
  16. Карасев, В.Н. Физиология растений: экспериментальные исследования: учебное пособие / В.Н. Карасев, М.А. Карасева ; Поволжский государственный технологический университет. - Йошкар-Ола : ПГТУ, 2018. - 312 с. : ил. - Библиогр.: с. 291 - 297. - ISBN 978-5-8158-1999-3; То же [Электронный ресурс].- URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=494310>
  17. Лысенко, В.С. Фотосинтез в хлорофилл-дефицитных тканях растений: флуоресцентные и фотоакустические исследования: монография / В.С. Лысенко ; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет». - Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2014. - 137 с.: ил. - Библ. в кн. - ISBN 978-5-9275-1195-2 ; То же [Электронный ресурс]. – URL <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=445257>
  18. Факторы среды и организация первичного процесса фотосинтеза / Отв. ред. Л. К. Островская. Киев: Наукова думка, 1989. 180 с.
  19. Фотосинтез: в 2 т. / Под ред. Д. Говинджи. М.: Мир, 1987. Т. 1. - 728 с.

20. Шувалов В. А. Первичная конверсия энергии при фотосинтезе // Фотобиология растений и фотосинтез: Годневские чтения IV. Мн., 2000. С. 3–54.
21. Эволюция функций в растительном мире / Под ред. В. В. Полевого. Л.: ЛГУ, 1985. С. 63–81.
22. Юрин В. М., Кахнович Л. В., Ермоленко Г. Л. Физиологическая экология растений: Учеб. пособие. Мн., 1995. Ч. I.
23. Юсуфов А. Г. Лекции по эволюционной физиологии растений. М.: Высш. шк., 1986. С. 61–113.
24. Makino A., Nakano H., Mae T., Shimada T., Yamamoto N. Photosynthesis, plant growth and N allocation in transgenic rice plants with decreased Rubisco under CO<sub>2</sub>// Journal of Experimental Botany. Vol. 51. GMP Special Issue, 2000. P. 383–389.

### **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

Электронно – библиотечная система IPRbooks - важнейший ресурс для получения качественного образования, предоставляющий доступ к учебным и научным изданиям, необходимым обучения и организации учебного процесса в ВУЗе. Адрес для работы: <https://www.iprbookshop.ru>

Российская научная электронная библиотека – крупнейший российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 34 млн. научных публикаций и патентов, в том числе эл. версии более 4800 журналов в открытом доступе. Адрес для работы: <http://www.elibrary.ru>

Образовательная платформа Юрайт: Образовательный ресурс, электронная библиотека и интернет-магазин. Адрес для работы: <https://www.urait.ru/>

Институт научной информации - <http://www.wos.elibrary.ru/wos/ciw.cgi>

Международная академическая издательская компания

«Наука – Интерпериодика» - <http://www.maik.ru>

Поиск библиографии - <http://www.scirus.com/srsapp>

Журнал «Физиология растений»- <http://www.maik.ru/cgi-bin/list.pl?page=fizrast>

Сайты крупных органов научной информации и библиотек России, с доступом к полнотекстным ресурсам в российских и зарубежных журналах:

Библиотека по естественным наукам РАН – <http://www.benran.ru> Библиотека Российской академии наук - <http://www.csa.ru>

ВИНИТИ - <http://www.viniti.msk.ru>

Государственная Публичная Научно-техническая библиотека России -<http://www.gpntb.ru>

Российская государственная библиотека - <http://www.rsl.ru>

Российская национальная библиотека - <http://www.nlr.ru>

Центральная научная сельскохозяйственная библиотека -<http://www.cnshb.ru>

Сайты с описанием изданий (журналы, монографии, энциклопедии и пр.) крупных зарубежных научных издательств:

Academic Press и Elsevier - <http://www.sciencedirect.com>

Blackwell – <http://www.blackwell-synergy.com>

Cambridge University Press - <http://www.journals.cup.org>

J. Willey Interscience - <http://www.interscience.wiley.com>

Oxford University Press - <http://www.oup.co.uk>

Springer Nature – Международное издательство, выпускающее журналы, книги, электронные продукты. В 2021 г. пользователям ДГУ будут доступны ресурсы: платформы Springer Link, платформа Nature, база данных Springer Materials Springer, база данных Springer Protocols, база данных zbMath, база данных Nano

Адрес для работы: <https://www.springer.com/gp>

### **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

**Лекционный курс.** Лекция является основной формой обучения в высшем учебном заведении. В ходе лекционного курса проводится систематическое изложение современных научных материалов, освещение главнейших проблем фотосинтеза у разных групп растений. В тетради для конспектирования лекций необходимо иметь поля, где по ходу конспектирования студент делает необходимые пометки. Записи должны быть избирательными, своими словами, полностью следует записывать только определения. В конспектах рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись, зарисовывать все схемы и рисунки, сделанные преподавателем на доске. Вопросы, возникшие у Вас в ходе лекции, рекомендуется записывать на полях и после окончания лекции обращаться за разъяснением к преподавателю.

Студентам необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций следует использовать при подготовке к зачету, контрольному тестированию, коллоквиумам, при выполнении самостоятельных заданий.

Выполнение лабораторной работы является обязательным условием допуска студента к зачету.

### **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по курсу «Фотосинтез»:

- методы обучения с использованием информационных технологий (персональные компьютеры, проектор, акустическая система, компьютерное тестирование, демонстрация мультимедийных материалов и т.д.);
- перечень Интернет-сервисов и электронных ресурсов (поисковые системы, электронная почта, профессиональные, тематические чаты и форумы, системы аудио и видео конференций, онлайнэнциклопедии и справочники; электронные учебные и учебно-методические материалы).
- ЭБС Книгафонд, «Гарант», «Консультант»;
- elibrary.ru; IPRBOOKS

### **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Аудитории, оснащенные видеопроектором, интерактивной доской.

Химическая посуда (стекляная: пробирки разного объема, бюретки, стаканы, колбы круглые и конические разного объема, ч. Петри, эксикаторы, бюксы, банки; фарфоровая: ступки с пестиками, стаканы, тигли, выпарительные чашки)

Приборы и оборудование: весы (аналитические, торсионные, технические), осветительные приборы, микроскопы, фотоэлектрокалориметры, штативы, вытяжной шкаф, центрифуга, холодильник, термостат, климатокамера и др.

Химреактивы: различные соли, кислоты, щелочи, красители и др.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВО по направлению Биология