



## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра биохимии, молекулярной биологии и генетики

УТВЕРЖДАЮ  
\_\_\_\_\_  
Декан биолого-почвенного факультета  
А. Н. Матвеев  
2024г.

### Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.1.5 Элективный модуль "Биохимия"

Наименование дисциплины: Б1.В.ДВ.1.5.7 «**БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ**»

Направление подготовки: 06.03.01 «Биология»

Направленность (профиль) подготовки: «Биология»

Квалификация выпускника: Бакалавр

Форма обучения: очная с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Согласовано с УМК биолого-почвенного  
факультета  
Протокол № 7 от «20» мая 2024г.  
Председатель \_\_\_\_\_ А. Н. Матвеев

Рекомендовано кафедрой:

Протокол № 7  
От «26» апреля 2024г.  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С. В. Осипова

Иркутск 2024 г.

## Содержание

	стр.
I. Цель и задачи дисциплины .....	3
II. Место дисциплины в структуре ОПОП .....	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины .....	3
IV. Содержание и структура дисциплины .....	5
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов .....	5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	7
4.3 Содержание учебного материала .....	14
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ .....	15
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов .....	17
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....	19
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) .....	20
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	20
а) основная литература .....	20
б) дополнительная литература.....	20
в) периодические издания .....	20
г) список авторских методических разработок .....	20
д) базы данных, поисково-справочные и информационные системы.....	20
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	21
6.1. Учебно-лабораторное оборудование .....	21
6.2. Программное обеспечение .....	21
6.3. Технические и электронные средства обучения .....	21
VII. Образовательные технологии .....	21
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации .....	22

## I. Цель и задачи дисциплины:

**Цель:** формирование представлений об особенностях метаболизма растений как автотрофных организмов, способных к фотосинтезу и обладающих своеобразной биохимией первичного и вторичного обмена, применение полученных знаний и навыков в решении профессиональных задач.

### Задачи:

- изучение особенности структуры и функций растительных клеток; процесса фотосинтеза;
- формирование представлений об особенностях белкового и липидного обмена у растений; механизмах регуляции фотосинтеза в системе целого растения; азотном обмене растений;
- получение представлений о пространственной организации и локализации синтеза и накопления вторичных метаболитов в растении, специализированных структурах накопления вторичных метаболитов, функциях вторичных метаболитов.

## II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина Б1.В.ДВ.1.5.7 «Биохимия растений» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: «Органическая химия», «Науки о биологическом многообразии», «Биохимия», «Физиология растений», «Генетика», «Молекулярная биология».

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: «Биохимические основы стресс-физиологии», «Биотехнология растений», «Основные метаболические пути и их регуляция», «Биохимия и физиология вторичного метаболизма», выполнение ВКР.

## III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенции в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки 06.03.01 «Биология», профиль «Биология»:

ПК-1: Способен использовать базовые теоретические знания о разнообразии, структурной организации, функционировании биологических систем и особенностях их взаимодействия с окружающей средой.

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-1 Способен использовать базовые теоретические знания о разнообразии, структурной организации,	Использует знания о разнообразии организмов, их строении, физиологии, метаболизме, генетике,	Знать: - принципы клеточной организации растительных объектов; - биохимические основы и молекулярные механизмы жизнедеятельности растений; - общие принципы взаимодействия различных метаболических путей в растительном организме.

<p>функционировании биологических систем и особенностях их взаимодействия с окружающей средой.</p>	<p>систематике, экологии, а также их биотехнологическом потенциале для решения профильных научно-исследовательских и производственных задач</p>	<p>Уметь: - применять знания об основных принципах регуляции метаболизма для объяснения физиологических процессов и объяснения экспериментальных результатов. Владеть: навыками освоения большого объема информации.</p>
	<p><i>ИДК ПК 1.2</i> Применяет системный подход для разработки и проведения научного эксперимента</p>	<p>Знать: основные методы биохимии растений, необходимые для изучения жизнедеятельности растений. Уметь: - применять основные методы анализа и оценки состояния живых систем (растения). Владеть: - навыками подбора необходимых биохимических и молекулярно-биологических методов для решения исследовательских задач и проблем в области биохимии растений.</p>

#### IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов, в том числе 0,14 зачетная единица, 5 часов на зачет.

Из них реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий 22 часов.

**Форма промежуточной аттестации:** зачет.

##### 4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Раздел 1. Особенности структуры и функций растительных клеток. Тема 1. Протопласт.	6	4		-	2	-	2	Тестирование
2	Раздел 1. Особенности структуры и функций растительных клеток. Тема 2. Клеточная стенка.	6	6,5		2	2	0,5	2	Тестирование Коллоквиум
3	Раздел 2. Структурно-функциональная организация фотосинтеза. Тема 1. Пигментные системы фотосинтеза.	6	4,5		-	2	0,5	2	Коллоквиум
4	Раздел 2. Структурно-функциональная организация фотосинтеза. Тема 2. Транспорт электронов в процессе фотосинтеза.	6	9,5		2	3	0,5	4	Коллоквиум Тестирование КСР

5	Раздел 2. Структурно-функциональная организация фотосинтеза. Тема 3. Фотофосфорилирование.	6	6,5		2	2	0,5	2	Коллоквиум Тестирование КСР
6	Раздел 2. Структурно-функциональная организация фотосинтеза. Тема 4. Процессы ассимиляции углерода при фотосинтезе.	6	10		2	3	1	4	Коллоквиум Тестирование
7	Раздел 3. Дыхание растений. Тема 1. Расщепление субстратов для биологического окисления.	6	6,5		-	2	0,5	4	Коллоквиум Тестирование
8	Раздел 3. Дыхание растений. Тема 2. Окислительное фосфорилирование	6	8,5		2	2	0,5	4	Коллоквиум. Тестирование
9.	Раздел 4. Азотный обмен растений. Тема 1. Поступление азота в растения.	6	4		-	2	-	2	Коллоквиум. КСР
10.	Раздел 4. Азотный обмен растений. Тема 2. Ассимиляция нитратов.	6	7,5		1	2	0,5	4	Тестирование КСР
11.	Раздел 4. Азотный обмен растений. Тема 3. Симбиотическая азотфиксация.	6	4,5		1	2	0,5	2	Коллоквиум. Тестирование.
12.	Раздел 5. Метаболизм серы и фосфора. Тема 1. Ассимиляция сульфата и синтез серосодержащих веществ.	6	6,5		2	2	0,5	2	Тестирование. КСР
13.	Раздел 5. Метаболизм серы и фосфора. Тема 2. Метаболизм фосфора.	6	4,5		-	2	0,5	2	КСР
14.	Раздел 6. Особенности липидного обмена в растениях. Тема 1. Глицеролипиды.	6	4,5		-	2	0,5	2	Тестирование
15.	Раздел 6. Особенности липидного обмена в растениях. Тема 2. Оксипирины.	6	6,5		2	2	0,5	2	Коллоквиум. КСР.
16.	Раздел 7. Вторичные метаболиты. Тема 1. Общие представления о вторичном метаболизме растений.	6	6		2	2	-	2	Коллоквиум. КСР
17.	Раздел 7. Вторичные метаболиты. Тема 2. Основные группы вторичных метаболитов.	6	5		-	2	1	2	Тестирование. Коллоквиум. КСР.

#### 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
5	Раздел 1. Особенности структуры и функций растительных клеток. Тема 1. Протопласт.	Самостоятельное изучение теоретического материала по структуре растительной клетки и функциям ее отдельных компарментов.	1	2	Тестирование	Хелдт Г.-В. Биохимия растений. М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 471 с. (4 экз.) Ченцов Ю.С. Введение в клеточную биологию
5	Раздел 1. Особенности структуры и функций растительных клеток. Тема 2. Клеточная стенка.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Самостоятельное изучение теоретического материала по строению отдельных компонентов клеточной стенки, отличиям первичной и вторичной клеточных стенок у растений.	2	2	Тестирование, коллоквиум, устный опрос	Хелдт Г.-В. Биохимия растений. М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 471 с. (4 экз.) Ченцов Ю.С. Введение в клеточную биологию

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
5	Раздел 2. Структурно-функциональная организация фотосинтеза. Тема 1. Пигментные системы фотосинтеза.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Разбор вопросов: «Хлорофилл, строение и функции», «Каротиноиды как дополнительные пигменты фотосинтеза» «Фикобилипротеины как основа антенных комплексов у водорослей».	3	2	Коллоквиум. письменный опрос.	Хелдт Г.-В. Биохимия растений. М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 471 с. (4 экз.) Ченцов Ю.С. Введение в клеточную биологию
5	Раздел 2. Структурно-функциональная организация фотосинтеза. Тема 2. Транспорт электронов в процессе фотосинтеза.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Разбор вопросов: «Структурно-функциональная организация электрон-транспортной цепи фотосинтеза у высших растений».	4	4	Решение учебных и проблемных задач, письменный опрос, тестирование	Хелдт Г.-В. Биохимия растений. М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 471 с. (4 экз.)
5	Раздел 2. Структурно-функциональная организация фотосинтеза. Тема 3. Фотофосфорилирование.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Разбор вопросов: «Строение и функционирование АТФ-синтазы у растений», «Регуляция синтеза АТФ в хлоропластах».	5	2	Ответы на контрольные вопросы, решение учебных и проблемных задач, Коллоквиум	Хелдт Г.-В. Биохимия растений. М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 471 с. (4 экз.)



Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоёмкость (час.)		
5	Раздел 2. Структурно-функциональная организация фотосинтеза. Тема 4. Процессы ассимиляции углерода при фотосинтезе.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Разбор вопросов «Пути ассимиляции углерода в растениях» «САМ-метаболизм», «Фотодыхание».	6	4	тестирование, решение учебных и проблемных задач, письменный опрос	Хелдт Г.-В. Биохимия растений. М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 471 с. (4 экз.)
5	Раздел 3. Дыхание растений. Тема 1. Расщепление субстратов для биологического окисления.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Разбор вопросов «Типы углеводов у растений Запасные формы углеводов. Гидролиз крахмала». «Гликолиз. Глюконеогенез. Цикл Кребса. Пентозофосфатный путь».	7	4	Решение учебных и проблемных задач, письменный опрос, тестирование	Хелдт Г.-В. Биохимия растений. М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 471 с. (4 экз.)
5	Раздел 3. Дыхание растений. Тема 2. Окислительное фосфорилирование	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Разбор вопросов «Формирование градиента на биологических мембранах» «Химические биологические разобщители».	8	4	Письменный опрос, дискуссия, тестирование, решение задач.	Хелдт Г.-В. Биохимия растений. М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 471 с. (4 экз.)

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
5	Раздел 4. Азотный обмен растений. 1. Поступление азота в растения.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Разбор вопросов «Формы нахождения азота в природе» «Доступные формы азота для растений». «Поглощение азота корнями».	9	2	Письменный опрос, решение учебных и проблемных задач, коллоквиум.	Хелдт Г.-В. Биохимия растений. - М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 471 с. (4 экз.) Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной биологии растений [Электронный ресурс]. - М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.
5	Раздел 4. Азотный обмен растений. Тема 2. Ассимиляция нитратов.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Разбор вопросов «Пути поступления нитрата в растения», «Восстановление нитратов в разных частях растений».	9	4	тестирование, решение учебных и проблемных задач, письменный опрос	Хелдт Г.-В. Биохимия растений. - М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 471 с.
5	Раздел 4. Азотный обмен растений. Тема 3. Симбиотическая азотфиксация.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Разбор вопросов «Микроорганизмы азотфиксаторы: свободноживущие и симбиотические», «Регуляция процесса азотфиксации у растений».	10	2	Устный опрос с дискуссией тестирование, решение задач.	Хелдт Г.-В. Биохимия растений. - М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 471 с.

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
5	Раздел 5. Метаболизм серы и фосфора. Тема 1. Ассимиляция сульфата и синтез серосодержащих веществ.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Разбор вопросов: «Типы серосодержащих соединений у растений и их функции», «Регуляция синтеза цистеина».	11	2	тестирование, решение учебных и проблемных задач, письменный опрос,	Хелдт Г.-В. Биохимия растений. - М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 471 с.
5	Раздел 5. Метаболизм серы и фосфора. Тема 2. Метаболизм фосфора.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Разбор вопросов «Формы нахождения фосфора в природе и пути его поступления в растения».	11	2	Решение учебных и проблемных задач, тестирование	Хелдт Г.-В. Биохимия растений. - М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 471 с.
5	Раздел 6. Особенности липидного обмена в растениях. Тема 1. Глицеролипиды.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Разбор вопросов «Структура и функции глицеролипидов».	12	2	тестирование, решение учебных и проблемных задач, письменный опрос	Хелдт Г.-В. Биохимия растений. - М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 471 с.

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
5	Раздел 6. Особенности липидного обмена в растениях. Тема 2. Оксипирины.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Разбор вопросов «Пути синтеза оксипиринов», «Значение оксипиринов для растений». Подготовка письменных ответов на контрольные вопросы.	13	2	решение учебных и проблемных задач, письменный опрос, дискуссия	Хелдт Г.-В. Биохимия растений. - М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 471 с. (4 экз.) Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной биологии растений [Электронный ресурс]. - М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.
5	Раздел 7. Вторичные метаболиты. Тема 1. Общие представления о вторичном метаболизме растений.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Разбор вопросов « Существующие классификации вторичных метаболитов у растений», «Функции вторичных метаболитов».	14	2	решение учебных и проблемных задач, письменный опрос, дискуссия	Хелдт Г.-В. Биохимия растений. - М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 471 с.
5	Раздел 7. Вторичные метаболиты. Тема 2. Основные группы вторичных метаболитов.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Разбор вопросов «Минорные группы вторичных метаболитов. X функции у растений».	15	2	тестирование, письменный опрос, Коллоквиум	Хелдт Г.-В. Биохимия растений. - М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 471 с.
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час) – 44						

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
<b>Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий 22 (час)</b>						

## 4.3 Содержание учебного материала

### Раздел 1. Особенности структуры и функций растительных клеток

**Тема 1. Протопласт.** Цитоплазма. Органеллы растительной клетки: немембранные, одномембранные, двумембранные. Строение плазматической мембраны. Система внутренних мембран: эндоплазматический ретикулум и аппарат Гольджи. Пластиды: Хлоропласты, хромопласты, лейкопласты, пропластиды. Митохондрии. Вакуоль. Пероксисомы. Цитоскелет. Запасные вещества растительной клетки.

**Тема 2. Клеточная стенка.** Макромолекулярные компоненты клеточной стенки. Слои клеточной стенки. Поры и первичные поровые поля. Образование и рост клеточной стенки. Межклетники. Плазмодесмы.

### Раздел 2. Структурно-функциональная организация фотосинтеза.

**Тема 1. Пигментные системы фотосинтеза.** Хлорофилл - основной пигмент фотосинтеза. Возбужденные состояния хлорофилла. Синтез хлорофилла. Антенные комплексы: строение и функции. Каротиноиды и фикобилины.

**Тема 2. Транспорт электронов в процессе фотосинтеза.** Модульная организация фотосинтетического аппарата. Реакционные центры пурпурных и зеленых бактерий. Эффект Эмерсона. Z-схема. Состав фотосистемы I и II. Окисление воды. Цитохром-b<sub>6</sub>/f-комплекс. Восстановление НАДФ в фотосистеме I. Нециклический, циклический и псевдоциклический транспорт электронов. Регуляторные механизмы транспорта электронов в процессе фотосинтеза.

**Тема 3. Фотофосфорилирование.** Протон-движущая сила как промежуточная форма запасания энергии в процессе синтеза АТФ. Действие разобщителей. Хемииосмотическая гипотеза Митчелла. Строение АТФ-синтазного комплекса. Механизм синтеза АТФ в процессе фотосинтеза.

**Тема 4. Процессы ассимиляции углерода при фотосинтезе.** Цикл Кальвина. Строение и функционирование рибулозобифосфаткарбоксилазы (Рубиско). С<sub>3</sub> и С<sub>4</sub>-растения. Механизм концентрирования СО<sub>2</sub> у С<sub>4</sub>-растений. Метаболизм по типу толстянковых. Оксигеназная активность Рубиско - источник фосфогликолата. Регенерация рибулозо-1,5-бифосфата из 2-фосфогликолата в процессе фотодыхания. Биосинтез крахмала и сахарозы.

### Раздел 3. Дыхание растений.

**Тема 1. Расщепление субстратов для биологического окисления.** Окисление глюкозы. Гликолиз, глюконеогенез и пентозофосфатный путь. Цикл лимонной кислоты, его регуляция. Глиоксилатный цикл. Катаболизм жирных кислот. Расщепление, активация и транспорт жиров. Окисление жирных кислот.

**Тема 2. Окислительное фосфорилирование.** Реакции переноса электронов в митохондриях. Комплексы митохондриальной дыхательной цепи. Особенности растительных митохондрий: альтернативная оксидаза и альтернативные НАД(Ф)Н-дегидрогеназы. Синтез АТФ. Регуляция окислительного фосфорилирования.

### Раздел 4. Азотный обмен растений.

**Тема 1. Поступление азота в растения.** Источники азота для растений. Транспортеры разных форм азота.

**Тема 2. Ассимиляция нитратов.** Ферменты восстановления нитратов. Пути ассимиляции иона аммония в растении. Синтез первичных аминокислот. Реакции переаминирования. Взаимосвязь углеродного и азотного обменов в растении.

**Тема 3. Симбиотическая азотфиксация.** Классификация азотфиксирующих организмов. Механизмы восстановления молекулярного азота. Арбускулярная и эктомикориза. Круговорот азота.

#### **Раздел 5. Метаболизм серы и фосфора.**

**Тема 1. Ассимиляция сульфата и синтез серосодержащих веществ.** Ассимиляция сульфата. Активация сульфата перед восстановлением. Сульфитредуктаза. Фиксация H<sub>2</sub>S в форме цистеина. Глутатион как антиоксидант и средство детоксикации ксенобиотиков. Фитохелатины и защита растений от тяжелых металлов. Синтез метионина из цистеина.

**Тема 2. Метаболизм фосфора.** Фосфорсодержащие соединения. Пути поступления фосфора в клетку. Фитин - запасная форма фосфора. Макроэргические соединения фосфора.

#### **Раздел 6. Особенности липидного обмена в растениях.**

**Тема 1. Глицеролипиды.** Полярные глицеролипиды - компоненты мембраны. Триацилглицерины как запасные вещества. Синтез жирных кислот de novo. Ацетилкоэнзим А. Удлинение жирных кислот.

**Тема 2. Оксипирины.** Оксипирины - сигнальные и защитные соединения. Липоксигеназа. Синтез оксипиринов.

#### **Раздел 7. Вторичные метаболиты.**

**Тема 1. Общие представления о вторичном метаболизме растений.** Особенности вторичных метаболитов растений. Классификация вторичных метаболитов. Закономерности строения и функции вторичных метаболитов.

**Тема 2. Основные группы вторичных метаболитов.** Изопrenoиды (терпеноиды). Фенольные соединения. Алкалоиды. Минорные группы вторичных метаболитов: гликозиды, растительные амины, непротеиногенные аминокислоты, беталаины.

#### **4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ**

№ п/н	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции (индикаторы)*
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	1.1	Взаимосвязь органелл растительной клетки.	2		Тестирование	<b>ПК-1</b> ИДК ПК 1.1 ИДК ПК 1.2
2	1.2	Структура и свойства макромолекулярных компонентов клеточной стенки	2		Тестирование коллоквиум, устный опрос	<b>ПК-1</b> ИДК ПК 1.1 ИДК ПК 1.2
3	2.1	Синтез хлорофилла	2		Коллоквиум письменный опрос.	<b>ПК-1</b> ИДК ПК 1.1 ИДК ПК 1.2
4	2.2	Структурно-функциональная организация ЭТЦ хлоропластов.	4		Решение учебных и проблемных задач,	<b>ПК-1</b> ИДК ПК 1.1 ИДК ПК 1.2

					письменный опрос, тестирование	
5	2.3	Функционирование АТФ-синтазного комплекса.	2		Ответы на контрольные вопросы, решение учебных и проблемных задач, Коллоквиум	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
6	2.4	Пути ассимиляции углерода у растений.	4		тестирование, решение учебных и проблемных задач, письменный опрос	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
7	3.1	Этапы биологического окисления глюкозы	2		Решение учебных и проблемных задач, письменный опрос, тестирование	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
8	3.2	Транспорт электронов по дыхательной цепи митохондрий.	2		Письменный опрос, дискуссия, тестирование, решение задач	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
9	4.1	Пути поступления азота в растения	2		Письменный опрос, решение учебных и проблемных задач, коллоквиум	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
10	4.2	Шихиматный путь синтеза ароматических аминокислот.	2		тестирование, решение учебных и проблемных задач, письменный опрос	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
11	4.3	Симбиотическая азотфиксация.	2		Устный опрос с дискуссией тестирование, решение задач	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
12	5.1	Детоксикация ксенобиотиков.	2		тестирование, решение учебных и проблемных	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>



					задач, письменный опрос,	
13	5.2	Макроэргические фосфорсодержащие соединения.	2		Решение учебных и проблемных задач, тестирование	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>
14	6.1	Синтез жирных кислот.	2		тестирование, решение учебных и проблемных задач, письменный опрос	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>
15	6.2	Синтез оксипиринов.	2		решение учебных и проблемных задач, письменный опрос, дискуссия	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>
16	7.1	Закономерности строения вторичных метаболитов.	2		решение учебных и проблемных задач, письменный опрос, дискуссия	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>
17	7.2	Строение и функции минорных групп вторичных метаболитов.	2		тестирование, письменный опрос, Коллоквиум	<b>ПК-1</b> <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1.	Раздел 1. Особенности структуры и функций растительных клеток. Тема 1. Протопласт.	Изучить теоретический материал по вопросу: «Органеллы растительной клетки».	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>
2.	Раздел 1. Особенности структуры и функций растительных клеток. Тема 2. Клеточная стенка.	Изучить теоретический материал по вопросам строения отдельных компонентов клеточной стенки, отличиям первичной и вторичной клеточных стенок у растений.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>
3.	Раздел 2. Структурно-функциональная организация	Разбор вопросов: «Хлорофилл, строение и функции», «Каротиноиды	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>

	фотосинтеза. Тема 1. Пигментные системы фотосинтеза.	как дополнительные пигменты фотосинтеза» «Фикобилипротеины как основа антенных комплексов у водорослей».		
	Раздел 2. Структурно-функциональная организация фотосинтеза. Тема 2. Транспорт электронов в процессе фотосинтеза.	Разбор вопросов: «Структурно-функциональная организация электрон-транспортной цепи фотосинтеза у высших растений».	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>
	Раздел 2. Структурно-функциональная организация фотосинтеза. Тема 3. Фотофосфорилирование	Разбор вопросов: «Строение и функционирование АТФ-синтазы у растений», «Регуляция синтеза АТФ в хлоропластах».	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
	Раздел 2. Структурно-функциональная организация фотосинтеза. Тема 4. Процессы ассимиляции углерода при фотосинтезе.	Разбор вопросов «Пути ассимиляции углерода в растениях» «САМ-метаболизм», «Фотодыхание».	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.2</i> <i>ИДК ПК1.3</i>
	Раздел 3. Дыхание растений. Тема 1. Расщепление субстратов для биологического окисления.	Разбор вопросов «Типы углеводов у растений Запасные формы углеводов. Гидролиз крахмала». «Гликолиз. Глюконеогенез. Цикл Кребса. Пентозофосфатный путь».	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>
	Раздел 3. Дыхание растений. Тема 2. Окислительное фосфорилирование	Разбор вопросов «Формирование градиента на биологических мембранах» «Химические биологические разобщители». Заполнение таблицы.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>
	Раздел 4. Азотный обмен растений. 1. Поступление азота в растения.	Разбор вопросов «Формы нахождения азота в природе» «Доступные формы азота для растений». «Поглощение азота корнями».	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>
	Раздел 4. Азотный обмен растений. Тема 2. Ассимиляция нитратов.	Разбор вопросов «Пути поступления нитрата в растения», «Восстановление нитратов в разных частях растений».	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>
	Раздел 4. Азотный	Разбор вопросов	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i>

	обмен растений. Тема 3. Симбиотическая азотфиксация.	«Микроорганизмы азотфиксаторы: свободноживущие и симбиотические», «Регуляция процесса азотфиксации у растений».		<i>ИДК ПК1.2</i>
	Раздел 5. Метаболизм серы и фосфора. Тема 1. Ассимиляция сульфата и синтез серосодержащих веществ.	Разбор вопросов: «Типы серосодержащих соединений у растений и их функции», «Регуляция синтеза цистеина».	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>
	Раздел 5. Метаболизм серы и фосфора. Тема 2. Метаболизм фосфора.	Разбор вопросов «Формы нахождения фосфора в природе и пути его поступления в растения».	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>
	Раздел 6. Особенности липидного обмена в растениях. Тема 1. Глицеролипиды.	Разбор вопросов «Структура и функции глицеролипидов».	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>
	Раздел 6. Особенности липидного обмена в растениях. Тема 2. Оксипирины.	Разбор вопросов «Пути синтеза оксипиринов», «Значение оксипиринов для растений». Подготовка письменных ответов на контрольные вопросы.	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>
	Раздел 7. Вторичные метаболиты. Тема 1. Общие представления о вторичном метаболизме растений.	Разбор вопросов «Существующие классификации вторичных метаболитов у растений», «Функции вторичных метаболитов».	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>
	Раздел 7. Вторичные метаболиты. Тема 2. Основные группы вторичных метаболитов	Разбор вопросов «Минорные группы вторичных метаболитов. Их функции у растений».	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов является составной частью учебного процесса и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, зачетам и экзаменам.

Для организации самостоятельной работы по дисциплине «Биохимия растений» используются следующие формы самостоятельной учебной работы:

- Работа над конспектом лекции.
- Подбор, изучение, анализ рекомендованной литературы.
- Самостоятельное изучение отдельных тем, параграфов, не изложенных в лекции.
- Подготовка к практическому занятию состоит в теоретической подготовке и выполнении практических заданий (решение задач, ответы на вопросы и т.д.).
- Подготовка к тестированию.
- Подготовка к решению задач.

- Подготовка к зачету.

*Письменные работы.* Для изучения тем, не изложенных в лекции, рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу, а также источники, найденные при помощи информационно-справочных и поисковых систем. Для закрепления материала рекомендуется делать краткие конспекты по теме. В рамках дисциплины «Биохимия растений» также предусмотрено выполнение письменных работ, в которых студенты должны заполнить таблицу строение и функционирование основных компонентов электрон-транспортной цепи митохондрий (комплексы I, II, III, IV) (см. п. 4.3.2.). Качество выполненной работы оценивается в ходе обсуждения данных вопросов при проведении коллоквиума по соответствующей теме (см. п. 4.3.1).

**4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов):** не предусмотрены учебным планом.

## **V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **а) основная литература**

1. Хелдт Г.-В. Биохимия растений. - М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 471 с. (4 экз.) Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. Доступ [[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=50558](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=50558)]

2. Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной биологии растений [Электронный ресурс]. - М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 487 с. - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. Доступ. [[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=8803](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=8803)]

### **б) дополнительная литература**

1. Ченцов Ю.С. Введение в клеточную биологию. - М.: Альянс, 2015. - 494 с. (29 экз.)

### **б) периодические издания**

### **в) список авторских методических разработок:**

### **г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Научная Электронная Библиотека <http://www.e-library.ru>
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru>)
3. ЭБС «ЮРАЙТ». Адрес доступа: <https://www.biblio-online.ru/>
4. ЭБ Издательского центра «Академия». Адрес доступа: <http://www.academia-moscow.ru>
5. <http://www.fptl.ru/biblioteka/biotehnologiya.html>
6. <http://www.medbook.net.ru/010512.shtml>
7. Союз образовательных сайтов - Естественные науки
8. <http://tusearch.blogspot.com> - Поиск электронных книг, публикаций, законов, ГОСТов на сайтах научных электронных библиотек.
9. Google Scholar –Поисковая система по научной литературе.
10. Science Research Portal - Научная поисковая система, осуществляющая полнотекстовый поиск в журналах многих крупных научных издательств, таких как Elsevier, Highwire, IEEE, Nature, Taylor & Francis и др. Ищет статьи и документы в открытых научных базах данных: Directory of Open Access Journals, Library of Congress Online Catalog, Science.gov и Scientific News.

## **VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Аудитория для проведения занятий лекционного типа: оборудована специализированной (учебной) мебелью на 25 посадочных мест; техническими средствами обучения: проектор Epson EB-X03, доска маркерная; учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации по дисциплине: презентации по темам программы.

Аудитория для проведения занятий практического типа: оборудована специализированной (учебной) мебелью на 10 посадочных мест; доской меловой; техническими средствами обучения: проектор BenQ MS521P учебно-наглядными пособиями: презентации по темам программы.

Компьютерный класс (учебная аудитория) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, организации самостоятельной работы: аудитория оборудована специализированной (учебной) мебелью на 20 посадочных мест, доской меловой; оборудована техническими средствами обучения: системный блок PentiumG850, монитор BenQ G252HDA-1 шт.; системный блок Athlon 2 X2 250, монитор BenQ G252HDA – 8 шт.; системный блок PentiumD 3.0GHz, монитор Samsung 740N – 3 шт.; моноблок IRU T2105P – 2 шт.; системный блок Pentium G3250, монитор BenQG955 – 1 шт.; системный блок Pentium G3250, монитор BenQ GL2250 – 1 шт.; системный блок Pentium G3250, монитор Samsung T200 HD – 1 шт.; системный блок Pentium G3250, монитор Samsung T190N – 1 шт.; системный блок Pentium G3250, монитор Samsung 740N – 1 шт.; проектор BenQ MX503; экран ScreenVtdiaEcot. С неограниченным доступом к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: аудитория оборудована специализированной мебелью на 3 посадочных места; ноутбук Lenovo П580, проектор BenQ MS521P.

### **6.2. Программное обеспечение:**

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition;

Foxit PDF Reader 8.0;

LibreOffice 5.2.2.2;

Ubuntu 14.0;

АСТ-Тест Plus 4.0 (на 75 одновременных подключений) и Мастер-комплект (АСТ-Maker и АСТ-Converter).

### **6.3. Технические и электронные средства:**

Презентации по всем разделам курса.

## **VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Для освоения дисциплины «Биохимия растений» применяются следующие образовательные технологии:

- *Информационная лекция.* Лекция – это сжатое изложение основных научных фактов, что является базой для анализа рассуждений, оценок.

- *Лекция-визуализация.* Учит студентов преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму, что формирует у них профессиональное мышление за счет систематизации и выделения наиболее значимых, существенных элементов содержания обучения. Задача преподавателя использовать такие формы наглядности, которые не только дополняют словесную информацию, но и сами являются носителями информации (схемы, рисунки, слайды-презентации, и т.п.). Этот вид лекции лучше всего использовать на этапе введения студентов в новый раздел, тему дисциплины.

- *Проблемная лекция.* В отличие от содержания информационной лекции, которое

предлагается преподавателем в виде известного, подлежащего лишь запоминанию материала, на проблемной лекции новое знание вводится как неизвестное для обучающихся. Проблемная лекция начинается с вопросов, с постановки проблемы, которую в ходе изложения материала необходимо решить. Лекция строится таким образом, что познания обучающегося приближаются к поисковой, исследовательской деятельности. Здесь участвуют мышление обучающегося и его личностное отношение к усваиваемому материалу.

- *Лекция-беседа*. Предполагает непосредственный контакт преподавателя с аудиторией. Преимущество лекции-беседы состоит в том, что она позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения учебного материала с учетом особенностей студентов.

- *Практические занятия* – это занятие, проводимое под руководством преподавателя в учебной аудитории, направленное на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами самостоятельной работы, которое формирует практические умения. Одной из форм практических занятий в вузе является семинар.

- *Семинар-исследование*. Технология проведения такого семинара может быть различной, в зависимости от того, какой метод заложен в его основу. В рамках дисциплины «Экология микроорганизмов» проводится семинар с подготовкой и заслушиванием рефератов по актуальным проблемам теории и практики и последующим их обсуждением.

- *Коллоквиумы* – вид учебного занятия, проводимого с целью проверки и оценивания знаний учащихся. Коллоквиум может проводиться в форме индивидуальной беседы преподавателя со студентом или как массовый опрос. В ходе группового обсуждения студенты учатся высказывать свою точку зрения по определенному вопросу, защищать свое мнение, применяя знания, полученные на занятиях по предмету. В ходе коллоквиума также проверяются рефераты, другие письменные работы студентов, проводится заслушивание докладов.

- *Самостоятельная работа студентов* (см. п.4.4).

- *Дистанционные образовательные технологии*. Под дистанционными образовательными технологиями понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей. При освоении дисциплины «Биохимия растений» используются следующие технологии:

- кейсовая технология – форма дистанционного обучения, основанная на предоставлении обучающимся информационных образовательных ресурсов в виде специализированных наборов учебно-методических комплексов с использованием различных видов носителей информации (кейсов);

- интернет-технология – способ дистанционной передачи информации, основанный на использовании глобальных и локальных компьютерных сетей для обеспечения доступа обучающихся к информационным образовательным ресурсам и для формирования совокупности методических, организационных, технических и программных средств реализации и управления учебным процессом независимо от места нахождения его субъектов. Используется Образовательный портал ИГУ - educa.isu.ru.

## **VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### ***Оценочные материалы для входного контроля***

В качестве оценочных средств для входного контроля оценки уровня знаний студентов используется собеседование. В процессе собеседования оценивается уровень владения базовыми знаниями, умениями, навыками, необходимыми для начала обучения по

дисциплине «Биохимия растений», определяется степень владения новым материалом до начала его изучения.

**Оценочные материалы текущего контроля формируются в соответствии с ЛНА университета**

В рамках дисциплины «Биохимия растений» используются следующие формы текущего контроля:

- устный опрос;
- письменная работа;
- коллоквиум;
- тест;
- решение задач;
- контроль самостоятельной работы.

Фонд оценочных средств включает:

- фонд тестовых заданий по дисциплине,
- тематика и материалы заданий,
- тематика и вопросы к коллоквиумам,
- вопросы для самостоятельного изучения (СРС)
- вопросы и билеты для зачета,
- критерии оценки знаний студентов.

Назначение оценочных средств: выявить сформированность компетенции ПК-1 (см. п.

III)

**Демонстрационный вариант контрольной работы (Раздел 1. Особенности структуры и функций растительных клеток.)**

### **Вариант 1**

1. Изобразите схему строения и подпишите на ней основные компоненты следующих органелл растительной клетки: эндоплазматический ретикулум, хлоропласт. Укажите функции данных органелл.
2. Дайте определения следующим терминам: апопласт, кристы, ядрышко, этиопласты, амилопласты, диктиосома, экстенсин, рамногалактуронаны, феллема
3. Особенности строения микротрубочек, их функции в клетке.
4. Синтез целлюлозы в растительной клетке: приведите схемы и опишите вторую и четвертую модели синтеза целлюлозы. Напишите формулу целлобиозы.
5. Заполните таблицу:

<b>Гемицеллюлозы клеточной стенки растений</b>			
<b>Название класса</b>	<b>Основная составляющая полимера (с формулой)</b>	<b>Типы связей</b>	<b>Боковые радикалы (если есть). Приведите формулы.</b>

6. Охарактеризуйте основные адкрузирующие вещества клеточной стенки

растений: состав, функции.

7. Напишите следующие этапы синтеза монолигнолов - образование соответствующих кислот из *транс*-коричной кислоты, образование кониферилового спирта из соответствующей кислоты.
8. Опишите процессы минерализации и ослизнения клеточных стенок растений.

### Вариант 2

1. Изобразите схему строения и подпишите на ней основные компоненты следующих органелл: аппарат Гольджи, митохондрия. Укажите функции данных органелл.
2. Дайте определения следующим терминам:  
симпласт, ламелла, хроматин, элайопласты, пропластиды, тонопласт, экспансин, гомогалактуронаны, гуммоз
3. Особенности строения микрофиламентов, их функции в клетке.
4. Синтез целлюлозы в растительной клетке: приведите схемы и опишите первую и третью модели синтеза целлюлозы. Напишите формулу целлюлозы.
5. Заполните таблицу:

Пектиновые вещества клеточной стенки растений			
Название класса	Основная составляющая полимера (с формулой)	Типы связей	Боковые радикалы (если есть). Приведите формулы.

6. Охарактеризуйте основные инкрустирующие вещества клеточной стенки растений: состав, функции.
7. Напишите следующие этапы синтеза монолигнолов – образование синапового спирта из соответствующей кислоты, реакции образования радикалов монолигнолов.
8. Особенности строения кутикулы растений, функции и вещества ее составляющие.

### Демонстрационный вариант теста (Раздел 1. Особенности структуры и функций растительных клеток.)

1. В клетках, выделяющих или хранящих большое количество белка, преобладает:  
а) гранулярный ЭР  
б) агранулярный ЭР
2. В образовании плазмодесм не участвует:  
а) ЭПР



- б) плазмалемма
- в) АГ
- г) клеточная стенка
- д) срединная пластинка
- е) десмотрубка
- ж) ни один из выше перечисленных

3. Функцией ЭПР не является:

- а) синтез белков
- б) синтез липидов
- в) транспорт веществ
- г) синтез АТФ
- д) регуляция гомеостаза  $Ca^{2+}$

4. Функции аппарата Гольджи у растений:

- а) синтез целлюлозы
- б) синтез нецеллюлозных компонентов клеточной стенки
- в) гликозилирование белков
- г) удлинение новосинтезированных жирных кислот
- д) транспорт веществ

5. В состав микротрубочек входит белок:

- а)  $\alpha$ -тубулин
- б)  $\beta$ -тубулин
- в) миозин
- г) актин
- д) кератин

6. В состав микрофиламентов входит белок:

- а)  $\alpha$ -тубулин
- б)  $\beta$ -тубулин
- в) миозин
- г) актин
- д) кератин

7. Основным компонентом клеточной стенки является:

- а) целлюлоза
- б) гемицеллюлозы
- в) пектиновые вещества
- г) лигнин
- д) суберин

8. Запасными веществами растений являются:

- а) крахмал
- б) гликоген
- в) триацилглицеролы
- г) таннины
- д) белки
- г) оксалат кальция
- е) кремний

9. Цистолиты - это:

- а) специализированные органеллы растительных клеток, отвечающие за синтез и транспортировку компонентов клеточной стенки
- б) образования из карбоната кальция в растительных клетках
- в) компоненты веретена деления клетки
- г) участки плотно упакованного гетерохроматина
- д) кремниевые тельца в растительных клетках
- е) крахмальные зерна в корневом чехлике

10. Фитолиты - это:

- а) специализированные органеллы растительных клеток, отвечающие за синтез и транспортировку компонентов клеточной стенки
- б) образования из карбоната кальция в растительных клетках
- в) компоненты веретена деления клетки
- г) участки плотно упакованного гетерохроматина
- д) кремниевые тельца в растительных клетках
- е) крахмальные зерна в корневом чехлике

11. Статолиты - это:

- а) специализированные органеллы растительных клеток, отвечающие за синтез и транспортировку компонентов клеточной стенки
- б) образования из карбоната кальция в растительных клетках
- в) компоненты веретена деления клетки
- г) участки плотно упакованного гетерохроматина
- д) кремниевые тельца в растительных клетках
- е) крахмальные зерна в корневом чехлике

12. Место образования кристаллов оксалата кальция в растительных клетках:

- а) митохондрии
- б) пластиды
- в) АГ
- г) вакуоль
- д) ЭПР
- е) клеточная стенка
- ж) кутикула

13. Аллелопатия - это свойство растений:

- а) способствовать привлечению насекомых-опылителей
- б) препятствовать росту растений других видов, находящихся в непосредственной близости с ними
- в) направление роста или движения клеток относительно раздражителя
- г) осуществлять двигательные реакции органов на ненаправленные факторы воздействия внешней среды

14. Алейроновые зерна - это:

- а) скопление кристаллов оксалата кальция в клетке
- б) белковые тельца внутри ЭР
- в) липидные капли в цитоплазме
- г) кристаллы крахмала в вакуоли
- д) вакуоли, содержащие большое количество таннинов.

15. Органеллы растительной клетки, отвечающие за синтез АТФ и участвующие в образовании такого явления, как цитоплазматическая мужская стерильность:

- а) хлоропласты
- б) митохондрии
- в) АГ
- г) ЭР

### **Демонстрационный вариант ситуационной задачи (Раздел 2. Структурно-функциональная организация фотосинтеза).**

В 1930-1940-х гг. ученые начали понимать механизм процесса фотосинтеза. Тогда же стала проясняться роль «энергетически богатых фосфатных связей» (сегодня это АТФ) в гликолизе и клеточном дыхании. Существовало много теорий, объяснявших механизм фотосинтеза, особенно это касалось роли света. Данная задача рассматривает процесс, который тогда называли «первичным фотохимическим процессом», т.е. первичное превращение энергии поглощенного света в фотосинтезирующей клетке. Интересно, что одна важная составная часть современной модели фотосинтеза была сформулирована достаточно рано, но потом отклонена, забыта на несколько лет и лишь затем принята вновь.

В 1944 г. Эмерсон, Стауффер и Умбрейт предположили, что «функция световой энергии в фотосинтезе заключается в образовании «энергетически богатых» фосфатных связей». В соответствии с их моделью (далее – моделью Эмерсона) свободная энергия, необходимая как для фиксации, так и для восстановления  $\text{CO}_2$  берется как раз из этих «энергетически богатых» фосфатных связей (т.е. из АТФ), образующихся в результате поглощения света хлорофиллсодержащим белком.

Эта модель была опровергнута Рабиновичем (1945). Суммируя открытия Эмерсона с соавторами, Рабинович заключил: «Пока не получено других данных, мы выдвигаем против данной гипотезы аргумент, вытекающий из энергетических соображений. Фотосинтез представляет собой процесс накопления энергии. Зачем нужно превращать вквант света (даже

красного света, энергия которого около 43 ккал/эйнштейн) в «фосфатный квант» с энергией всего лишь 10 ккал/моль? Это был бы шаг в ложном направлении – не к накоплению, а к рассеиванию энергии». Этот аргумент, а также другие наблюдения привели к отклонению модели Эмерсона. Только в 1950-х гг. модель Эмерсона была признана верной, хотя и с некоторыми модификациями.

Информация, изложенная в статье Эмерсона с соавторами, кратко представлена в пунктах а-ж. Изучите их и ответьте на следующие три вопроса.

1. Каким образом эта информация обосновывает модель Эмерсона, в соответствии с которой энергия света напрямую используется хлорофиллом для синтеза АТФ, а затем АТФ обеспечивает энергию, необходимую для фиксации и восстановления  $\text{CO}_2$ ?

2. Как бы мог Рабинович объяснить эту информацию на основании своей модели (и большинства существовавших тогда моделей), в которой световая энергия использовалась хлорофиллом напрямую для синтеза восстанавливающих соединений? Рабинович писал: «Теоретически, нет причин, по которым вся энергия электронов, содержащаяся в молекулах, возбужденных в результате поглощения света, не была бы доступна для процессов окисления и восстановления». В этой модели восстанавливающие вещества далее использовались для фиксации  $\text{CO}_2$ , и его восстановления, а необходимая для этого энергия составляла всего лишь некоторую долю того большого количества свободной энергии, которое образуется при реакциях восстановления.

3. Как данная информация объясняется в свете наших современных представлений о процессе фотосинтеза?

а) Хлорофилл содержит ион  $\text{Mg}^{2+}$ , который, как известно, является важным кофактором во многих ферментах, катализирующих реакции фосфорилирования и дефосфорилирования.

б) Грубый препарат «хлорофиллового белка», выделенный из фотосинтезирующих клеток, обладал фосфорилирующей активностью.

в) Фосфорилирующая активность «хлорофиллового белка» ингибировалась светом.

г) Уровень содержания некоторых фосфорилированных соединений в фотосинтезирующих клетках сильно изменялся на свету. (Эмерсону с соавторами не удалось идентифицировать соответствующие вещества).

Как выяснилось позднее, в какой-то степени были верны обе модели – и Эмерсона, и Рабиновича.

д) Объясните, каким образом эти две модели соотносятся с современной моделью фотосинтеза.

При опровержении модели Эмерсона Рабинович настаивал на следующем: «Проблема теории запасаания фосфата наиболее отчетливо проявляется тогда, когда мы обратимся к тому факту, что при слабом освещении 8 или 10 квантов света достаточно для восстановления 1 молекулы диоксида углерода. Если каждый квант должен произвести одну молекулу высокоэнергетического фосфата, будет накоплено лишь 80-100 ккал/эйнштейн, тогда как для фотосинтеза необходимо не менее 112 ккал/моль или более – ввиду потерь в необратимых частичных реакциях».

е) Как расчеты Рабиновича (от 8 до 10 фотонов на молекулу восстановленного  $\text{CO}_2$ ) соотносятся с принятым сегодня значением?

ж) Как бы Вы отклонили аргумент Рабиновича на основании наших сегодняшних знаний

о процессе фотосинтеза?

**Демонстрационный вариант домашнего задания (Раздел 2. Структурно-функциональная организация фотосинтеза).**

Сравнительный анализ метаболизма C<sub>4</sub>- и CAM-растений. Вам поручено изучить фотосинтетическую фиксацию углерода у растений рода *Graptopetalum*. Сначала опыты не дают положительных результатов: у вас получается, что исследуемые растения не фиксируют CO<sub>2</sub> даже при прямом солнечном освещении. Однажды, после окончания эксперимента вы покидаете лабораторию, не разобрав камеры для работы с радиоактивными веществами. На следующее утро вы обнаруживаете, что подопытное растение включило большое количество меченого CO<sub>2</sub>. Очевидно, что растения *Graptopetalum* фиксировали углерод ночью. Повторив эти опыты ночью в полной темноте, вы устанавливаете, что они успешно включают метку. Оказывается, что после кратковременной экспозиции с меченым CO<sub>2</sub> в растении метится только одно соединение – малат. За ночь это меченое соединение накапливается, причем до очень высокого уровня, в специализированных вакуолях внутри клеток, содержащих хлоропласты. Кроме того, в этих же клетках исчезает крахмал. Однако днем на свету малат исчезает, и вновь накапливается крахмал. Далее вы обнаруживаете, что меченый CO<sub>2</sub> снова появляется в этих клетках на свету. Эти результаты по некоторым признакам напоминают потребление CO<sub>2</sub> C<sub>4</sub>-растениями, но по другим сходства нет.

Дайте развернутые ответы на следующие вопросы.

1. Почему для образования в клетках *Graptopetalum* крахмала нужен свет? Так ли обстоит дело с C<sub>4</sub>-растениями?
2. Исходя из реакций потребления CO<sub>2</sub> C<sub>4</sub>-растениями, представьте в виде краткой схемы путь фиксации CO<sub>2</sub> в *Graptopetalum*. Какие реакции протекают в нем днем, а какие – ночью?
3. *Graptopetalum*, потеряв весь свой крахмал, не мог бы фиксировать CO<sub>2</sub>, тогда как C<sub>4</sub>-растения фиксируют углекислоту и в этом случае. Почему для фиксации CO<sub>2</sub> *Graptopetalum* требуется крахмал, а C<sub>4</sub>-растениям – нет?
4. Можете ли вы объяснить, почему указанный выше метод фиксации CO<sub>2</sub> выгоден для растений *Graptopetalum*?

**Заполнение таблицы (Раздел 3. Дыхание растений).**

Опишите строение и функционирование основных компонентов электрон-транспортной цепи митохондрий (комплексы I, II, III, IV), заполнив таблицу:

Название комплекса	Донор электронов	Акцептор электронов	Редокс-центры	Строение	Ингибиторы	Суммарное уравнение

**Вопросы для подготовки к коллоквиумам**

**Раздел 1. Особенности структуры и функций растительных клеток. Тема 2. Клеточная стенка.**

1. Макромолекулярные компоненты клеточной стенки. Целлюлоза: строение, функции, синтез. Гемиллюлозы. Пектиновые вещества. Белки клеточной стенки. Лигнины. Кутин. Суберин. Слои клеточной стенки.
2. Срединная пластинка и первичная клеточная стенка. Поры и первичные поровые поля.
3. Образование и рост клеточной стенки. Межклетники. Плазмодесмы.

**Раздел 2. Структурно-функциональная организация фотосинтеза. Тема 1. Пигментные системы фотосинтеза.**

1. Хлорофилл - основной пигмент фотосинтеза. Синтез хлорофилла. Возбужденные состояния хлорофилла.
2. Каротиноиды. Структура. Функции.
3. Фикобилины и фикобилисомы. Антенные комплексы водорослей.

**Раздел 2. Структурно-функциональная организация фотосинтеза. Тема 2. Транспорт электронов в процессе фотосинтеза.**

1. Реакционные центры фотосистем пурпурных и зеленых бактерий. Фотосистемы I и II водорослей и высших растений.
2. Эффект Эмерсона. Z-схема.
3. Цитохром-b6/f-комплекс.
4. Восстановление НАДФ в фотосистеме I.
5. Нециклический, циклический и псевдоциклический транспорт электронов.
6. Регуляторные механизмы транспорта электронов в процессе фотосинтеза.

**Раздел 2. Структурно-функциональная организация фотосинтеза. Тема 3. Фотофосфорилирование.**

1. Формирование протонного градиента в процессе транспорта электронов в фотосинтезе. Разобщители.
2. Хемисмотическая гипотеза Митчелла.
3. АТФ-синтазный комплекс. Изменение конформации АТФ-синтазы во время работы. Регуляция синтеза АТФ.

**Раздел 2. Структурно-функциональная организация фотосинтеза. Тема 4. Процессы ассимиляции углерода при фотосинтезе.**

1. Темновая фаза фотосинтеза.
2. Цикл Кальвина.
3. C<sub>3</sub> и C<sub>4</sub>- растения. Механизм концентрирования CO<sub>2</sub> у C<sub>4</sub>-растений.
4. Метаболизм по типу толстянковых.
5. Фотодыхание.
6. Биосинтез крахмала и сахарозы.

**Раздел 3. Дыхание растений. Тема 1. Расщепление субстратов для биологического окисления.**

1. Резервные формы углеводов, служащие для запасания энергии клеткой. Распад полисахаридов.
2. Гликолиз. Глюконеогенез.
3. Цикл Кребса.
4. Пентозофосфатный путь.

### **Раздел 3. Дыхание растений. Тема 2. Окислительное фосфорилирование**

1. Дыхательная цепь, основные компоненты, их пространственная организация в мембране. Комплексы, их структура и функции, механизм переноса электронов. НАДН-дегидрогеназный комплекс. Сукцинатдегидрогеназный комплекс. Цитохром b/c комплекс. Цитохромоксидазный комплекс. Альтернативная оксидаза. Альтернативные НАД(Ф)Н-дегидрогеназы.
2. Окислительное фосфорилирование. Механизм электронного транспорта в дыхательной цепи с фосфорилированием. АТФ-синтаза митохондрий. Структура, локализация, пространственная организация. Современные представления о механизме синтеза АТФ.

### **Раздел 4. Азотный обмен растений. Тема 3. Симбиотическая азотфиксация.**

1. Классификация азотфиксирующих микроорганизмов.
2. Образование клубеньков.
3. Механизмы восстановления молекулярного азота.
4. Арбускулярная и эктомикориза. Круговорот азота.

### **Раздел 6. Особенности липидного обмена в растениях. Тема 2. Оксипирины.**

1. Оксипирины - сигнальные и защитные соединения.
2. Липоксигеназа. Синтез оксипиринов.

### **Раздел 7. Вторичные метаболиты. Тема 1. Общие представления о вторичном метаболизме растений.**

1. Особенности вторичных метаболитов растений.
2. Классификация вторичных метаболитов.
3. Закономерности строения и функции вторичных метаболитов.

### **Раздел 7. Вторичные метаболиты. Тема 2. Основные группы вторичных метаболитов**

1. Изопреноиды (терпеноиды). Фенольные соединения. Алкалоиды.
2. Минорные группы вторичных метаболитов: гликозиды, растительные амины, непротеиногенные аминокислоты, беталаины.

#### ***Оценочные материалы для промежуточной аттестации в форме***

Форма промежуточной аттестации - *зачет*. ОС этого типа должны выявлять степень освоения теоретических знаний как базу для формирования компетенций, умения их применять в ситуациях, моделирующих профессиональную деятельность, а также сформированность компетенции ПК-1, заявленной в п. III.

#### **Примерный список вопросов к зачету**

1. Протопласт растительной клетки. Органеллы растительной клетки: немембранные, одномембранные, двумембранные. Строение плазматической мембраны. Система внутренних мембран: эндоплазматический ретикулум и аппарат Гольджи. Пластиды: Хлоропласты, хромопласты, лейкопласты, пропластиды. Митохондрии. Вакуоль. Пероксисомы. Цитоскелет. Запасные вещества растительной клетки.

2. Клеточная стенка. Макромолекулярные компоненты клеточной стенки. Целлюлоза: строение, функции, синтез. Гемицеллюлозы. Пектиновые вещества. Белки клеточной стенки. Лигнины. Кутин. Суберин. Слои клеточной стенки. Срединная пластинка и первичная клеточная стенка. Поры и первичные поровые поля. Образование и рост клеточной стенки. Межклетники. Плазмодесмы.

3. Пигментные системы фотосинтеза. Хлорофилл - основной пигмент фотосинтеза. Синтез хлорофилла. Возбужденные состояния хлорофилла. Каротиноиды. Фикобилины и фикобилисомы. Антенные комплексы.

4. Реакционные центры фотосистем пурпурных и зеленых бактерий. Фотосистемы I и II водорослей и высших растений. Эффект Эмерсона. Z-схема. Цитохром-b<sub>6</sub>/f-комплекс. Восстановление НАДФ в фотосистеме I. Нециклический, циклический и псевдоциклический транспорт электронов. Регуляторные механизмы транспорта электронов в процессе фотосинтеза.

5. Формирование протонного градиента в процессе транспорта электронов в фотосинтезе. Разобщители. Хемиосмотическая гипотеза Митчелла. АТФ-синтазный комплекс. Изменение конформации АТФ-синтазы во время работы. Регуляция синтеза АТФ.

6. Темновая фаза фотосинтеза. Цикл Кальвина. С<sub>3</sub> и С<sub>4</sub>- растения. Механизм концентрирования СО<sub>2</sub> у С<sub>4</sub>-растений. Метаболизм по типу толстянковых. Фотодыхание. Биосинтез крахмала и сахарозы.

7. Классификация и номенклатура углеводов. Резервные формы углеводов, служащие для запасаания энергии клеткой. Распад полисахаридов.

8. Гликолиз – центральный путь катаболизма глюкозы. Две стадии гликолиза. Образование АТФ, сопряженное с распадом глюкозо-6-фосфата до молочной кислоты. Энергетический баланс процесса. Регуляция гликолиза и его биологическая роль. Брожение, его биологическая роль.

9. Глюконеогенез. Реакции глюконеогенеза и их локализация в клетке, энергетический баланс. Регуляция. Фосфофруктокиназа и фруктозо-1,6-бисфосфатаза – основные регуляторные ферменты глюконеогенеза и гликолиза. Фруктозо-2,6-бисфосфат – регуляторная молекула метаболизма углеводов.

10. Окислительное декарбоксилирование пировиноградной кислоты. Структура пируватдегидрогеназного комплекса: пируватдекарбоксилаза, дигидролипоилтрансацилаза и дигидролипоилдегидрогеназа. Последовательность реакций образования ацетил-КоА. Ацетил-КоА – универсальный интермедиат в метаболизме белков, жиров и углеводов. Регуляция пируватдегидрогеназного комплекса.

11. Цикл лимонной кислоты (цикл Кребса). Последовательность реакций и ферменты цикла. Энергетическая эффективность. Анаэробные реакции. Принципы регуляции цикла Кребса. Роль малоксигена в регуляции.

12. Пентозофосфатный путь превращения глюкозы и его биологическая роль. Окислительный и неокислительный этап. Энергетический эффект.

13. Дыхательная цепь, основные компоненты, их пространственная организация в мембране. Комплексы, их структура и функции, механизм переноса электронов. НАДН-дегидрогеназный комплекс. Сукцинатдегидрогеназный комплекс. Цитохром b/c комплекс. Цитохромоксидазный комплекс. Альтернативная оксидаза. Альтернативные НАД(Ф)Н-дегидрогеназы.

14. Механизм образования трансмембранного градиента протонов. Мембрана как структурная основа биоэнергетических процессов. Электрохимический потенциал – движущая сила фосфорилирования. Трансформация энергии на сопрягающих мембранах: запасаение энергии в конвертируемой форме Н<sup>+</sup> и АТФ, единство элементарных



энергетических процессов у организмов разных способов жизни.

15. Окислительное фосфорилирование. Механизм электронного транспорта в дыхательной цепи с фосфорилированием. АТФ-синтаза митохондрий. Структура, локализация, пространственная организация. Современные представления о механизме синтеза АТФ.

16. Регуляция электронного транспорта в дыхательной цепи. Понятие об ионофорах. Природа разобщающего эффекта. Роль мембранного потенциала в регуляции клеточного метаболизма.

17. Формы нахождения азота в природе. Пути поступления азота в растение. Транспортёры различных форм азота.

18. Ассимиляция нитратов в листьях и корнях. Нитратредуктаза. Регуляция ассимиляции нитратов. Синтез первичных аминокислот. Трансаминирование. Механизм реакции и роль пиридоксальфосфата. Взаимосвязь углеродного и азотного обменов в растении. Синтез глутамата. Биосинтез пролина и аргинина. Аспарат как предшественник пяти аминокислот. Синтез гидрофобных аминокислот. Шихиматный путь синтеза ароматических аминокислот.

19. Симбиотическая азотфиксация. Классификация азотфиксирующих микроорганизмов. Образование клубеньков. Механизмы восстановления молекулярного азота. Арбускулярная и эктомикориза. Круговорот азота.

20. Ассимиляция сульфата. Сходство процессов ассимиляции сульфата и нитрата. Активация сульфата перед восстановлением. Фиксация  $H_2S$  в форме цистеина. Глутатион как антиоксидант и средство детоксикации ксенобиотиков. Фитохелатины и защита растений от тяжелых металлов. Синтез метионина из цистеина.

21. Метаболизм фосфора. Фосфорсодержащие соединения. Пути поступления фосфора в клетку. Фитин - запасная форма фосфора. Макроэргические соединения фосфора.

22. Жирные кислоты: насыщенные, моноеновые, полиеновые, номенклатура. Природные триацилглицеролы. Структура и классификация фосфолипидов и сфинголипидов. Стероиды.

23. Окисление жирных кислот. Активация жирной кислоты в цитоплазме клетки.

24. Транспорт жирных кислот в митохондрии при участии карнитина. Регуляция окисления жирных кислот малонил-КоА.

25. Последовательность реакций  $\beta$ -окисления ацил-КоА в матриксе митохондрий. Энергетика окисления жирных кислот. Окисление ненасыщенных жирных кислот.

26. Биосинтез жирных кислот. Транспорт внутримитохондриального ацетил-КоА в цитоплазму. Цитратный механизм транспорта ацетил-КоА. Образование малонил-КоА, роль биотина (витамина Н) в этом процессе. Мультиферментный комплекс – синтетаза жирных кислот и ацил-переносающий белок как один из его компонентов. Последовательность реакций синтеза пальмитиновой кислоты.

27. Синтез ненасыщенных жирных кислот. Биосинтез триацилглицеролов. Полярные глицеролипиды.

28. Оксипирины - сигнальные и защитные соединения. Липоксигеназа. Синтез оксипиринов.

29. Особенности вторичных метаболитов растений. Классификация вторичных

метаболитов. Закономерности строения и функции вторичных метаболитов.

30. Изопrenoиды (терпеноиды). Фенольные соединения. Алкалоиды. Минорные группы вторичных метаболитов: гликозиды, растительные амины, непротеиногенные аминокислоты, беталаины.

**Разработчики:**

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

доцент И. В. Любушкина

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 06.03.01 «Биология, профиль «Биология».

Программа рассмотрена на заседании кафедры биохимии, молекулярной биологии и генетики.

«26» 04 2024 г.

Протокол № 7 Зав. кафедрой 

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.*