



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
20 25 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.В.10 «МИТОХОНДРИИ И ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ СТРЕСС»

Направление подготовки: 06.04.01 «Биология»

Направленность (профиль) подготовки: «Биохимия и молекулярная биология»

Квалификация выпускника: Магистр

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

Согласовано с УМК биолого-почвенного факультета

Протокол № 5 от «24» 03 2025 г.

Председатель А. Н. Матвеев

Рекомендовано кафедрой:

Протокол № 8

От «06» 03 2025 г.

Зав. кафедрой С. В. Осипова

Иркутск 2025 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	
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	6
4.3 Содержание учебного материала	9
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	10
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов	12
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	13
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)	14
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	16
а) перечень литературы	16
б) периодические издания	16
в) список авторских методических разработок	16
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы.....	16
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины	17
6.1. Учебно-лабораторное оборудование	17
6.2. Программное обеспечение	18
6.3. Технические и электронные средства обучения	18
VII. Образовательные технологии	18
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации	19

I. Цель и задачи дисциплины:

Цель: формирование целостной системы знаний об активных формах кислорода, механизмах их генерации и детоксикации в митохондриях, биологических функциях.

Задачи:

- получение знаний о механизмах активации кислорода, основных типах активных форм кислорода и их биологической роли;
- изучение механизмов генерации активных форм кислорода в митохондриях, их ткане-, субстрат- и организм-специфичных свойствах;
- получение знаний об особенностях защиты митохондрий от образования активных форм кислорода вследствие мягкого разобщения, ингибирования цикла Кребса на уровне аконитазы и функционирования цитохром c оксидазы;
- получение знаний о механизмах детоксикации активных форм кислорода в митохондриях с помощью антиоксидантов и антиоксидантных ферментов;
- ознакомление с механизмами репарации и деградации окисленных макромолекул;
- получение знаний о процессах, сопровождающих дисфункцию митохондрий в результате избыточного образования активных форм кислорода - митоптозе, апоптозе (некрозе) и фенотоптозе;
- получение представлений о сигнальных системах митохондрий и механизмах ретроградной системы регуляции;
- ознакомление студентов с современными методами анализа активных форм кислорода и систем антиоксидантной защиты в митохондриях.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1. Учебная дисциплина Б1.В.10 «Митохондрии и окислительный стресс» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: «Методы молекулярно-биологических исследований», «Биоэнергетика клетки», «Биохимия дыхания», «Молекулярная генетика митохондрий».

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: «Молекулярные механизмы адаптации», «Молекулярные основы экспрессии генов», 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 06.04.01 «Биология», профиль «Биохимия и молекулярная биология»:

ПК-1: Способен творчески использовать в научной деятельности теоретические знания и современные методологические подходы биохимии, молекулярной биологии и генетики.

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

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-1 Способен творчески использовать в научной деятельности теоретические знания и	ИДК ПК 1.1 Знает теоретические основы и методологические подходы биохимии,	Знать: - биохимические основы механизмов активации кислорода, основные типы активных форм кислорода, их свойства и биологические функции; - механизмы генерации и

современные методологические подходы биохимии, молекулярной биологии и генетики	молекулярной биологии и генетики	детоксикации активных форм кислорода в митохондриях; - сигнальные системы митохондрий и роль митохондрий в процессе гибели клеток. Уметь: - использовать знание биохимии для объяснения особенностей физиологических процессов в живых организмах при окислительном стрессе; - выявлять отличия между разными типами активных форм кислорода в клетке, механизмами их генерации и детоксикации в митохондриях. Владеть: - терминологией по теме дисциплины.
	<i>ИДК ПК 1.2</i> Умеет творчески использовать теоретические знания и современные методологические подходы для формулировки задач нового исследования в области биохимии, молекулярной биологии и генетики	Знать: - современные подходы к анализу активных форм кислорода и систем антиоксидантной защиты в митохондриях. Уметь: - использовать знания о механизмах генерации и детоксикации активных форм кислорода в митохондриях и методологических подходах к их анализу для объяснения роли окислительного стресса в жизни клетки, а также для постановки новых задач в сфере будущей профессиональной деятельности. Владеть: - творческим подходом и системным мышлением к анализу полученной информации в области изучения окислительного стресса и навыками самостоятельной работы с дополнительной литературой.

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часов, в том числе 0,1 зачетная единица, 4 часа на зачет.

Из них реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий 20 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)			Самостоятельн ая работа	Форма текущего контроля успеваемости/ Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися				
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Тема 1. Введение. Основные понятия об окислительном стрессе и активных формах кислорода.	3	8		1	1	-	6	Коллоквиум Тестирование КСР
2	Тема 2. Образование АФК в митохондриях.	3	8		1	1	-	6	Семинар Устный опрос Реферат Доклад КСР
3	Тема 3. АФК и модификации макромолекул.	3	6		1	1	-	4	Семинар Реферат КСР
4	Тема 4. Собственная защита митохондрий от	3	6		1	1	-	4	Коллоквиум Реферат

	АФК. Функционирование цитохром с оксидазы, альтернативной оксидазы и разобщающих белков.								КСР
5	Тема 5. Обезвреживание АФК в митохондриях. Антиоксиданты и антиоксидантные ферменты.	3	10		1	1	-	8	Коллоквиум Тестирование Реферат Доклад КСР
6	Тема 6. Репарация или деградация окисленных белков.	3	6		1	1	-	4	Семинар КСР
7	Тема 7. Митоптоз, апоптоз (некроз), фенотоз.	3	8		1	1	-	6	Семинар Реферат Доклад КСР
8	Тема 8. Активные формы кислорода и пути сигнальной трансдукции в растительных клетках. Ретроградная регуляция	3	8		1	1	-	6	Коллоквиум Реферат КСР
9	Тема 9. Идентификация активных форм кислорода в митохондриях.	3	6		1	1		4	Семинар Реферат Доклад 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.)		
3	Тема 1. Введение. Основные понятия об окислительном стрессе и активных формах кислорода.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросу: «Образование фитогормонов – жасмоната, метилжасмоната, АБК», «Оксилипины и их защитные функции», «Температурный стресс (гипотермия, гипертермия) и АФК».	1-2	6	Коллоквиум Тестирование	V a) 1 (1-3) V a) 2 (1-3)
3	Тема 2. Образование АФК в митохондриях.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросам: «Пиридиннуклеотиды в регуляции образования АФК в митохондриях». Написание реферата по выбранной теме: «Образование АФК в онтогенезе и при стрессе, функции», «Дыхательные ферменты, участвующие в генерации АФК в митохондриях», «Роль комплексов I и III ЭТЦ митохондрий в продукции АФК и процессах старения клеток». Подготовка доклада и презентации по теме реферата.	2-3	6	Семинар Устный опрос Реферат Доклад	V a) 1 (1, 3) V a) 2 (3) V г)
3	Тема 3. АФК и модификации макромолекул.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Написание реферата по выбранной теме: «Окислительный стресс и мутации митохондриальной ДНК».	3-4	4	Семинар Реферат	V a) 1 (3) V a) 2 (3) V г)

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
3	Тема 4. Собственная защита митохондрий от АФК. Функционирование цитохром с оксидазы, альтернативной оксидазы и разобщающих белков.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Написание реферата по теме: «Роль систем несопряженного и разобщенного дыхания в регуляции образования АФК в клетках растений и животных».	4-5	4	Коллоквиум Реферат	V a) 1 (3) V a) 2 (3) V г)
3	Тема 5. Обезвреживание АФК в митохондриях. Антиоксиданты и антиоксидантные ферменты.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Написание реферата по теме: «Антиоксидантная система митохондрий». Подготовка доклада и презентации по теме реферата.	5-7	8	Коллоквиум Реферат Доклад	V a) 1 (1-3) V a) 2 (1, 3) V г)
3	Тема 6. Механизмы репарации или деградации окисленных белков.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросу: «Митохондриальные протеазы для деградации окисленных белков».	7-8	4	Семинар	V a) 1 (3) V a) 2 (3) V г)
3	Тема 7. Митоптоз, апоптоз (некроз), фенотоз.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросам: «Антиоксиданты, адресованные в митохондрии. SkQ и его аналоги». Написание реферата по теме: «Роль АФК в механизмах гибели митохондрий, клеток и организма». Подготовка доклада и презентации по теме реферата.	8-10	6	Семинар Реферат Доклад	V a) 1 (3) V a) 2 (3) V г)

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
3	Тема 8. Активные формы кислорода и пути сигнальной трансдукции в растительных клетках. Ретроградная регуляция	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Самостоятельное изучение теоретического материала по вопросам: «Позитивные и негативные регуляторные факторы, контролирующие ретроградную сигнальную систему митохондрий», «Сигнальные молекулы, инициирующие ретроградную регуляцию». Написание реферата по теме: «Ретроградная регуляция у растений и дрожжей, примеры и функции».	10-12	6	Коллоквиум Реферат	V a) 1 (1-3) V a) 2 (1, 3) V г)
3	Тема 9. Идентификация активных форм кислорода и систем антиоксидантной защиты в митохондриях.	Подготовка к практическому занятию с использованием конспекта лекции и рекомендуемой литературы. Написание реферата по выбранной теме: «Подходы к идентификации АФК в митохондриях и клетках». Подготовка доклада и презентации по теме реферата.	12-14	4	Семинар Реферат Доклад	V a) 1 (3) V a) 2 (1, 3) V г)
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (часов) – 48						
Из них объем самостоятельной работы с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (20 часов)						

4.3 Содержание учебного материала

Тема 1. Введение. Основные понятия об окислительном стрессе и активных формах кислорода.

Общие принципы и механизмы активации кислорода. Понятие «активные формы кислорода» (АФК), их образование и свойства. Основные формы АФК. Супероксидный анион-радикал, гидроперекисный радикал и пероксид водорода. Гидроперекисный анион и пероксидный анион. Оксильный анион-радикал и гидроксильный радикал. Токсическое действие АФК. Стимуляция перекисного окисления липидов (ПОЛ). Неферментативный путь (аутоокисление) и ферментативные реакции. Липоксигеназное превращение ненасыщенных жирных кислот. Фосфолипаза A₂. Образование гидропероксидных форм жирных кислот. Образование фитогормонов – жасмоната, метилжасмоната, АБК. Оксипирины и их защитные функции.

Биологическая роль АФК. АФК в онтогенезе. Стрессы разной природы и окислительный стресс. Температурный стресс (гипотермия, гипертермия) и АФК.

Тема 2. Образование АФК в митохондриях.

Роль митохондрий в образовании АФК в клетке. Потенциальные сайты образования АФК в митохондриях животных и растительных клеток. Редокс-центры, железосерные кластеры, геммы и связанные хиноны. Моноаминоксидаза, цитохром-b5-редуктаза, 2 – дигидрооротатдегидрогеназа, α-Глицерофосфат-дегидрогеназа, α-кетоглутарат-дегидрогеназа. Сукцинатдегидрогеназа. Аконитаза. Высвобождение ионов железа, реакция Фентона. Электронтранспортная цепь (ЭТЦ) как основной источник генерации АФК. Роль комплекса I в генерации АФК. Основные сайты генерации супероксидного анион-радикала в комплексе I: убихинон-связывающий и флаavin-связывающий участки, [Fe-S] центры и обратный перенос электронов с комплекса II (“Reverse Electron Transport”, RET). Основные сайты генерации супероксидного анион-радикала в комплексе III: Q-цикл. Комплекс II как возможный сайт генерации АФК в митохондриях. Роль альтернативных НАД(Ф)Н-дегидрогеназ в генерации АФК.

Ткане-, субстрат- и организм-специфичные свойства продукции АФК в митохондриях. Пиридиннуклеотиды в регуляции образования АФК в митохондриях.

Тема 3. АФК и модификации макромолекул.

Окисление полиненасыщенных жирных кислот. Механизм перекисного окисления липидов (ПОЛ). Окисление углеводов. Окисление белков. Идентификация окисленных митохондриальных белков. Карбонилирование. Нитрозилирование. Окисление триптофана. Взаимодействие с продуктами окисления полиненасыщенных жирных кислот.

Окисление ДНК. Накопление мутаций в митохондриальной ДНК. Мутации генов, кодирующих компоненты дыхательной цепи, АТФ-синтазу, тРНК. Заболевания человека, вызванные мутациями митохондриальных генов.

Тема 4. Собственная защита митохондрий от АФК. Функционирование цитохром с оксидазы, альтернативной оксидазы и разобщающих белков.

Первая линия защиты от окислительного стресса – уменьшение концентрации O₂ в клетке и уменьшение генерации АФК дыхательной цепью вследствие мягкого разобщения, ингибирования цикла Кребса на уровне аконитазы и функционирования цитохром с оксидазы. Поглощение O₂ цитохром с оксидазой – один из механизмов защиты митохондрий от образования АФК. Функционирование цитохром с оксидазы при стрессе. Альтернативная цианидрезистентная оксидаза. Активация альтернативной оксидазы увеличивает скорость электронного потока и предотвращает свёрхвосстановление ЭТЦ. Механизмы регуляции альтернативной оксидазы на транскрипционном и

пострансляционном уровнях. Роль пероксида водорода в экспрессии генов альтернативной оксидазы. Разобщающие белки, термогенин. Термогенин-подобные белки у растений. Активация разобщающих белков, механизмы регуляции их активности и синтеза. Свободные жирные кислоты и их роль в регуляции образования АФК. Функционирование альтернативной оксидазы и разобщающих белков при стрессе. Инактивация аконитазы супероксидом как линия обороны митохондрий от АФК.

Тема 5. Обезвреживание АФК в митохондриях. Антиоксиданты и антиоксидантные ферменты.

Вторая линия защиты против АФК – низкомолекулярные антиоксиданты и антиоксидантные ферменты. Низкомолекулярные антиоксиданты митохондрий. Водорастворимые антиоксиданты (аскорбиновая кислота, восстановленный глутатион). Жирорастворимые антиоксиданты (убихинон, пластохинон, витамины А, D, Е и К). Аскорбиновая кислота. Восстановленный глутатион GSH – тиоловый трипептид (γ -L-глутаминил-L-цистеинил-глицин). Витамин Е (α -токоферол). Убихинол. Липоевая кислота.

Антиоксидантные ферменты митохондрий. Супероксиддисмутаза (СОД) как ключевой фермент антиоксидантной защиты для нейтрализации супероксид аниона до H_2O_2 . Мп-СОД, CuZn-СОД. Каталаза. Пероксидазы. Аскорбатпероксидаза. Глутатионпероксидаза (ГПО). Глутатионредуктаза. Аскорбат-глутатионовый цикл. Ферменты аскорбат-глутатионового цикла. Тиоредоксин-, пероксиредоксин- и глутаредоксин-зависимые системы.

Тема 6. Механизмы репарации или деградации окисленных белков.

Третья линия обороны против АФК – репарация или деградация окисленных молекул. Митохондриальные протеазы. Семейство АТФ-зависимых сериновых протеаз. Clp протеазы (содержат две субъединицы) и их роль в защите от окислительного стресса. Lon протеазы (содержат один полипептид). FtsH протеазы – АТФ-зависимые мембранно-связанные металлопротеазы. Роль протеазы в деградации несобранных или поврежденных в результате окисления белков.

Тема 7. Митоптоз, апоптоз (некроз), фенотоз.

Четвертая линия обороны против АФК – митоптоз, апоптоз (некроз), фенотоз. Выбраковка митохондрий, образующих избыточное количество АФК (митоптоз). Выбраковка клеток, образующих избыток АФК (апоптоз, некроз и др.). Выбраковка организмов, не справившихся с защитой ДНК от АФК (фенотоз). Старение как медленный фенотоз, вызываемый повышением уровня АФК. Роль В.П. Скулачева в развитии учения об отмене программы старения организма. Дисфункция митохондрий. Открытие высокопроницаемой поры. Снижение митохондриальных АФК как возможный способ торможения программы старения. Антиоксиданты, адресованные в митохондрии. SkQ и его аналоги.

Тема 8. Активные формы кислорода и пути сигнальной трансдукции в растительных клетках. Ретроградная регуляция

Общие принципы сигнальной трансдукции. Сигнальная роль АФК при биотическом стрессе. Сигнальная роль АФК при абиотическом стрессе. Роль АФК в процессах роста и развития растений. АФК и программируемая гибель клеток. Возможные механизмы участия АФК в сигнальных системах.

Сигнальные системы митохондрий. Ретроградная регуляция у растений и дрожжей. Позитивные и негативные регуляторные факторы, контролирующие ретроградную сигнальную систему митохондрий. Ретроградные пути. Сигнальные молекулы,

инициирующие ретроградную регуляцию. Компоненты ретроградных сигнальных систем. АФК и ионы кальция. Функции ретроградной системы регуляции.

Тема 9. Идентификация активных форм кислорода и систем антиоксидантной защиты в митохондриях.

Способы определения АФК в живой клетке. Электронный спиновый резонанс, основные виды спиновых ловушек. Спектрофотометрические и флуоресцентные методы, достоинства и недостатки. Регистрация продуктов перекисного окисления липидов. Определение продуктов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой. Методы отслеживания образования и локализации АФК в живых клетках с использованием флуоресцентных зондов и флуоресцентной микроскопии. Флуоресцентные красители H₂DCF-DA и CM-H₂DCF-DA, преимущества и недостатки.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ 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	Тема 1	Активные формы кислорода и окислительный стресс. Окислительный стресс как последствие других стрессов.	1		Коллоквиум Тест	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
2	Тема 2	Сайты генерации АФК в митохондриях. Комплексы ЭТЦ и альтернативные ферменты дыхания.	1		Семинар Устный опрос Реферат Доклад	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
3	Тема 3	АФК и модификации макромолекул. Мутации митохондриальных генов.	1		Семинар Реферат	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
4	Тема 4	Роль альтернативной оксидазы и разобщающих белков в регуляции образования АФК.	1		Коллоквиум Реферат	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
5	Тема 5	Антиоксидантные системы митохондрий.	1		Коллоквиум Тест Реферат Доклад	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
6	Тема 5	Механизмы репарации или деградации окисленных белков.	1		Семинар	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>

7	Тема 6	Митоптоз, апоптоз (некроз), фенотоз. Теория старения.	1		Семинар Реферат Доклад	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
8	Тема 7	Сигнальные системы митохондрий растений: ретроградная регуляция.	1		Коллоквиум Реферат	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
9	Тема 8	Методы идентификации активных форм кислорода в митохондриях.	1		Семинар Реферат Доклад	ПК-1 <i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</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.	Тема 1. Введение. Основные понятия об окислительном стрессе и активных формах кислорода.	Изучить теоретический материал по вопросам: «Образование фитогормонов – жасмоната, метилжасмоната, АБК», «Оксилипины и их защитные функции», «Температурный стресс и АФК».	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
2.	Тема 2. Образование АФК в митохондриях.	Изучить теоретический материал по вопросу: «Пиридиннуклеотиды в регуляции образования АФК в митохондриях».	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
3.	Тема 3. АФК и модификации макромолекул.	Изучить теоретический материал по вопросу: «Окислительный стресс и мутации митохондриальной ДНК».	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
4.	Тема 4. Собственная защита митохондрий от АФК. Функционирование цитохром с оксидазы, альтернативной оксидазы и разобщающих белков.	Изучить теоретический материал по вопросу: «Роль систем несопряженного и разобщенного дыхания в регуляции образования АФК в клетках растений и животных».	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>
5.	Тема 5. Обезвреживание АФК в митохондриях. Антиоксиданты и антиоксидантные ферменты.	Изучить теоретический материал по вопросам: «Антиоксидантная система митохондрий».	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК 1.2</i>

6.	Тема 6 Механизмы репарации или деградации окисленных белков.	Изучить теоретический материал по вопросу: «Митохондриальные протеазы для деградации окисленных белков».	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>
7.	Тема 7. Митоптоз, апоптоз (некроз), фенотоз.	Изучить теоретический материал по вопросу: «Антиоксиданты, адресованные в митохондрии. SkQ и его аналоги».	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>
8.	Тема 8. Активные формы кислорода и пути сигнальной трансдукции в растительных клетках. Ретроградная регуляция.	Изучить теоретический материал по вопросам: «Позитивные и негативные регуляторные факторы, контролирующие ретроградную сигнальную систему митохондрий», «Сигнальные молекулы, инициирующие ретроградную регуляцию».	ПК-1	<i>ИДК ПК 1.1</i> <i>ИДК ПК1.2</i>
9.	Тема 9. Идентификация активных форм кислорода в митохондриях.	Изучить теоретический материал по вопросам: «Подходы к идентификации АФК в митохондриях и клетках».	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 «Митохондрии и окислительный стресс» 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.).
- Написание рефератов, подготовка докладов.
- Подготовка к тестированию.
- 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.

Реферат – форма письменной работы, которую рекомендуется применять при освоении вариативных (профильных) дисциплин профессионального цикла. Представляет собой краткое изложение содержания научных трудов, литературы по определенной теме. Объем реферата может достигать 15-20 стр.; время, отводимое на его подготовку – от 2

недель до месяца. Подготовка реферата подразумевает самостоятельное изучение студентом нескольких литературных источников (учебников, монографий, научных статей и т.д.) по определённой теме, не рассматриваемой подробно на лекции, систематизацию материала и краткое его изложение. Цель написания реферата – привитие студенту навыков краткого и лаконичного представления собранных материалов и фактов в соответствии с требованиями, предъявляемыми к научным отчетам, обзорам и статьям.

Структура реферата включает:

- Титульный лист.
- Содержание.
- Введение, где кратко формулируется проблема, цель и задачи реферата.
- Основная часть работы состоит из нескольких разделов, в которых излагается суть темы реферата.
- Заключение.
- Список использованной литературы.

При оформлении реферата следует придерживаться технических требований, предъявляемых к рефератам и курсовым работам, имеющихся на кафедре.

Критерии оценивания реферата:

- Оценка «отлично» выставляется в том случае, если в реферате полностью раскрыта тема, проанализировано современное состояние вопроса, материал изложен логично, последовательно, приведено не менее 10 литературных источников (среди которых преобладает литература за последние 5 лет), реферат оформлен в соответствии с техническими требованиями, предъявляемыми к такого рода работам.
- Оценка «хорошо» - тема раскрыта, приведено достаточное количество материала, но при этом материал в недостаточной степени проанализирован автором, оформление реферата соответствует техническим требованиям.
- Оценка «удовлетворительно» - тема раскрыта поверхностно, материал приведен как простая констатация фактов, не проанализирован, в оформлении имеются технические недостатки, список литературы содержит менее 5 источников.
- Оценка «неудовлетворительно» - тема не раскрыта, скудный объем приведенных материалов.

Устный доклад – это сообщение в течение 10-15 мин, в котором студент в лаконичной форме должен изложить материал по соответствующей теме, придерживаясь следующего плана: введение, основная часть, заключение. Доклад сопровождается презентацией, отражающей основные положения по соответствующей теме, включающей наглядные материалы (схемы, таблицы, фото и т.д.). По окончании доклада студенту задают вопросы, как преподаватель, так и студенты, на которые докладчик должен дать исчерпывающие ответы.

Критерии оценивания устного доклада:

- Оценка «отлично». В докладе полностью раскрыта тема, проанализировано современное состояние вопроса; студент свободно владеет материалом, излагает его логично, последовательно, лаконично, соблюдая основные правила культуры речи. Доклад сопровождается презентацией, которая отражает основные положения доклада, презентация составлена грамотно с соблюдением общих требований, правил шрифтового оформления, подачи графического материала, имеются ссылки на приведенные фото, рисунки, схемы и т.д., приводится список использованной литературы. При обсуждении доклада студент дает исчерпывающие, аргументированные, корректные ответы на вопросы.
- Оценка «хорошо». Тема раскрыта, приведено достаточное количество материала, но при этом материал в недостаточной степени проанализирован автором. Презентация не в полной степени соответствует общим требованиям. Ответы студента не на все вопросы являются исчерпывающими и аргументированными.
- Оценка «удовлетворительно». Тема раскрыта не полно, материал приведен как простая констатация фактов, не проанализирован, студент показывает поверхностные

знания. Презентация частично соответствует установленным требованиям. При обсуждении доклада студент не всегда дает правильные, исчерпывающие ответы на задаваемые вопросы.

- Оценка «неудовлетворительно». Тема доклада не раскрыта, скудный объем приведенных материалов; презентация отсутствует. При обсуждении доклада студент не дает ответы или они не соответствуют заданным вопросам.

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

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) перечень литературы

1. Основная литература

1. Биохимия [Текст] : учебник / В. П. Комов, В. Н. Шведова. - 3-е изд., стер. - М. : Дрофа, 2008. - 639 с. ; 24 см. - (Высшее образование: Современный учебник). - Предм. указ.: с. 620-630. - ISBN 978-5-358-04872-0. (50 экз.).
2. Биохимия [Электронный ресурс] : учеб. для академ. бакалавриата : для студ. вузов, обуч. по направл. 655500 "Биотехнология" / В. П. Комов. - 4-е изд., испр. и доп. - ЭВК. - М. : Юрайт, 2014. - 640 с. - (Бакалавр. Академический курс). - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9916-3929-3.
3. Основы биохимии Ленинджера [Электронный ресурс] / Нельсон Д., Кокс М. ., - Электрон. текстовые дан.- ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. Т. 2 : Биоэнергетика и метаболизм / Д. Нельсон, М. Кокс, Т. 2. - 3-е. - [Б. м.] : Издательство "Лаборатория знаний", 2017. - 691 с. - ISBN 978-5-00101-545-1 : Б. ц.

2. Дополнительная литература

1. Биохимия растений [Текст] : учебник / Г.-В. Хелдт ; пер. с англ. М. А. Брейгиной [и др.] ; под ред. А. М. Носова, В. В. Чуба. – М. : Бином. Лаборатория знаний, 2011. – 471 с. : ил. ; 26 см. – (Лучший зарубежный учебник). – Библиогр. В конце ст. – Указ.: с. 464-471. – Пер. изд. : Plant biochemistry / Hans-Walter Heldt. – 2005. – ISBN 978-5-94774-795-9/ (4 экз.)
2. Кольман, Я. Наглядная биохимия : справочник / Я. Кольман, К. -. Рём ; перевод с английского Т. П. Мосоловой. — 6-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2019. — 514 с. — ISBN 978-5-00101-645-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121226> (дата обращения: 09.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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/biotechnologiya.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:

Специальные помещения:

Аудитория для проведения занятий лекционного типа оборудована:

специализированной (учебной) мебелью на 12 посадочных мест,

техническими средствами обучения: Доска аудиторная меловая, Проектор BenQ MS504, служащими для представления учебной информации большой аудитории по дисциплине «Социально-экономические аспекты взаимоотношений человека и природы»; *учебно-наглядными пособиями*, обеспечивающими тематические иллюстрации по дисциплине «Социально-экономические аспекты взаимоотношений человека и природы» в количестве: таблицы – 3 шт., презентации по каждой теме программы.

Аудитория для проведения занятий семинарского типа оборудована:

специализированной (учебной) мебелью на 12 посадочных мест, биохимическая лаборатория (лабораторные столы - 4 шт.); раковина с тумбой - 1 шт., Деревянные тумбы для хранения реактивов - 2 шт., швытяжной ЛК-1500 ШВ - 2 шт., весы аналитические ГОСМЕТР Ленинград - 1 шт., фотоэлектроколориметр КФК-2 - 1 шт., аквадистиллятор электрический АЭ-14-«Я-ФП»-01 - 1 шт., термостат электрический суховоздушный ТС-1/80 СПУ - 1 шт.;

техническими средствами обучения: доска аудиторная меловая, проектор BenQ MS504, служащими для представления учебной информации большой аудитории по дисциплине «Социально-экономические аспекты взаимоотношений человека и природы»; *учебно-наглядными пособиями*, обеспечивающими тематические иллюстрации по дисциплине «Социально-экономические аспекты взаимоотношений человека и природы» в количестве: таблицы – 3 шт., презентации по каждой теме 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 блокAthlon 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.;

с неограниченным доступом к сети Интернет; Проектор BenQ MX503; экран ScreenVtdiaEcot.

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования - Аудитория оборудована:

специализированной мебелью на 8 посадочных мест; Шкаф вытяжной ЛК-1500 ШВ+вентилятор - 2 шт., Стол двухтумбовый - 5 шт., Стол однотоумбовый - 4 шт., Стол компьютерный - 1 шт., Металлические тумбы для хранения лабораторной посуды и

оборудования - 4 шт., Деревянные тумбы для хранения лабораторной посуды и оборудования - 5 шт., Шкаф-купе двухдверный - 1 шт., Шкаф металлический - 1 шт., Холодильник NORD ДХ-241-0-010 - 1 шт., Электроплита Луч - 1 шт., Раковина с тумбой - 1 шт., Шкаф-купе трехдверный - 1 шт., Шкаф книжный - 3 шт., Микроскоп Биомед 2 Led - 7 шт., Микроскоп Levenhuk D870T - 1 шт., Микроскоп Levenhuk D870T тринокуляр - 1 шт., Микроскоп Микромед Р-1-LED - 1 шт., Микроскоп МЛ-5-Б - 1 шт., Микроскоп биологический МБ-1600Б - 1 шт., Микроскоп Р-14 - 4 шт., Микроскоп Levenhuk 2L NG – 5 шт., Светитель ОИ-12 - 1 шт., Фазовый контраст КФ-3 - 1 шт., Фазовый контраст КФС - 1 шт., рН-метр иономер универсальный ЭВ-74 - 1 шт., Спектрофотометр ПЭ-5300 ВИ - 1 шт., Магнитная мешалка ММ-5 - 5 шт., Весы аналитические ВЛР-200 - 1 шт., Весы торсионные ВТП-500 - 4 шт., Весы торсионные WAGA TORSYJNA-WT - 3 шт., Проектор Оверхед GENE OHP Ecosvision 24/3 - 1 шт., Системный блок в комплекте ASUS - 1 шт., Монитор BenQ DL2215 - 1 шт., Ноутбук Lenovo G580 в комплекте - 1 шт., Мультифункциональное устройство SAMSUNG M2070 - 1 шт., Сканер HP Scanjet G2410 - 1 шт., Принтер Canon LBP 2900 – 1 шт.

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 темам курса.

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для освоения дисциплины «Митохондрии и окислительный стресс» 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.

- *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 «Митохондрии и окислительный стресс» 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 «Митохондрии и окислительный стресс» 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 «Митохондрии и окислительный стресс», определяется степень владения новым материалом до начала его изучения.

Оценочные материалы текущего контроля формируются в соответствии с ЛНА университета

В рамках дисциплины «Митохондрии и окислительный стресс» используются следующие формы текущего контроля:

- устный опрос;
- письменная работа;
- коллоквиум;
- семинар;
- тест;
- реферат;
- контроль самостоятельной работы.

Фонд оценочных средств включает:

- фонд тестовых заданий по дисциплине,
- тематика и материалы заданий,
- тематика и вопросы к коллоквиумам,
- перечень тем рефератов/докладов,
- 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).

Демонстрационные варианты тестов для текущего контроля по Теме 1.
«Основные понятия об окислительном стрессе и активных формах кислорода»

1. Свободные радикалы:

- а) обладают высокой реакционной способностью
- б) участвуют в синтезе АТФ
- в) имеют на внешней орбитале неспаренный электрон
- г) участвуют в синтезе жирных кислот
- д) образуются в нормальных биохимических процессах

2. Как называется свободный радикал, имеющий формулу $O_2^{\cdot -}$:

- а) гидропероксил-радикал
- б) гидроксил-радикал
- в) супероксиданионрадикал
- г) синглетный кислород
- д) пероксинитрил-радикал

3. Как называется свободный радикал, имеющий формулу 1O_2 :

- а) гидропероксил-радикал
- б) гидроксил-радикал
- в) супероксиданионрадикал
- г) синглетный кислород
- д) пероксинитрил-радикал

4. Как называется свободный радикал, имеющий формулу $HO^{\cdot}$:

- а) гидропероксил-радикал
- б) гидроксил-радикал
- в) супероксиданионрадикал
- г) синглетный кислород
- д) пероксинитрил-радикал

5. Какой продукт образуется при одноэлектронном восстановлении кислорода:

- а) $O_2^{\cdot -}$
- б) 1O_2
- в) H_2O_2
- г) $ROOH$
- д) H_2O

6. Какой продукт образуется при 2-х электронном восстановлении кислорода:

- а) $O_2^{\cdot -}$
- б) 1O_2
- в) H_2O_2
- г) $ROOH$
- д) H_2O

7. Какой продукт образуется при 4-х электронном восстановлении кислорода:

- а) $O_2^{\cdot -}$
- б) 1O_2
- в) H_2O_2
- г) $ROOH$
- д) H_2O

8. Продуктом взаимодействия $O_2^{\cdot -}$ с H_2O_2 является:

- а) H_2O
- б) $HO_2^{\cdot}$ г) 1O_2

в) $\text{OH}^\bullet$ д) $^3\text{O}_2$

9. Реакция, в которой образуется гидроксил-радикал:

а) $\text{Fe}^{+3} + \text{H}_2\text{O}_2$

б) $\text{Fe}^{+2} + ^3\text{O}_2$

в) $\text{Fe}^{+2} + \text{H}_2\text{O}_2$

г) $\text{Fe}^{+3} + ^1\text{O}_2$

д) $\text{Fe}^{+2} + ^1\text{O}_2$

10. Наибольшей реакционной способностью обладает:

а) $^3\text{O}_2$

б) H_2O_2

в) $\text{HO}_2^\bullet$

г) $\text{OH}^\bullet$

д) $\text{NO}^\bullet$

Темы рефератов

1. Образование АФК в онтогенезе и при стрессе, функции.
2. Дыхательные ферменты, участвующие в генерации АФК в митохондриях.
3. Заболевания, возникающие в результате нарушения функций дыхательных ферментов
4. Роль комплексов I и III ЭТЦ митохондрий в продукции АФК и процессах старения клеток.
5. Окислительный стресс и мутации митохондриальной ДНК.
6. Роль систем несопряженного и разобщенного дыхания в регуляции образования АФК в клетках растений и животных.
7. Антиоксидантная система митохондрий.
8. Митохондриальные протеазы для деградации окисленных белков.
9. Роль АФК в механизмах гибели митохондрий, клеток и организма.
10. Ретроградная регуляция у растений и дрожжей, примеры и функции.
11. Подходы к идентификации АФК в митохондриях и клетках.

Вопросы для подготовки к коллоквиумам

Тема 1. Введение. Основные понятия об окислительном стрессе и активных формах кислорода

1. Общие принципы и механизмы активации кислорода в клетке.
2. Понятие «активные формы кислорода» (АФК).
3. Основные формы АФК, их образование и свойства.
4. Токсическое действие АФК. Наиболее реакционноспособные АФК.
5. Процесс перекисного окисления липидов. Неферментативный путь (аутоокисление) и ферментативные реакции.
6. Липоксигеназное превращение ненасыщенных жирных кислот.
7. Оксипирины и их защитные функции.
8. Биологическая роль АФК.
9. Роль АФК в онтогенезе.
10. Окислительный стресс и другие стрессы.
11. Температурный стресс и АФК. Генерация АФК при гипотермии и гипертермии.

Тема 4. Собственная защита митохондрий от АФК. Функционирование цитохром с оксидазы, альтернативной оксидазы и разобщающих белков

1. Стратегия защиты митохондрий от окислительного стресса, последовательность этапов.
2. Функционирование цитохром с оксидазы.

3. Функционирование альтернативной цианидрезистентной оксидазы. Роль пероксида водорода в индукции экспрессии генов альтернативной оксидазы.
4. Функционирование разобщающих белков. Роль свободных жирных кислот в регуляции образования АФК. Роль продуктов ПОЛ в активации разобщающих белков.
5. Инактивация аконитазы супероксидом как линия обороны митохондрий от АФК.

Тема 5. Обезвреживание АФК в митохондриях. Антиоксиданты и антиоксидантные ферменты.

1. Антиоксидантная система защиты митохондрий.
2. Водорастворимые антиоксиданты (аскорбиновая кислота, восстановленный глутатион), структура, свойства, механизм действия.
3. Жирорастворимые антиоксиданты (убихинон, пластохинон, витамины А, D, Е и К), структура, свойства, механизм действия.
4. Антиоксидантные ферменты митохондрий, структура, механизм действия.
5. Супероксиддисмутаза, изоформы (Mn-SOD, CuZn-SOD).
6. Каталаза.
7. Пероксидазы.
8. Аскорбат-глутатионовый цикл.
9. Тиоредоксин-, пероксиредоксин- и глутаредоксин-зависимые системы.
10. Защита рефератов (доклад + презентация).

Тема 8. Активные формы кислорода и пути сигнальной трансдукции в растительных клетках. Ретроградная регуляция

1. Общие принципы сигнальной трансдукции.
2. Возможные механизмы участия АФК в сигнальных системах.
3. Сигнальная роль АФК при биотическом и абиотических стрессах.
4. Роль АФК в процессах роста и развития растений.
5. Сигнальные системы митохондрий, функции.
6. Ретроградная регуляция у растений и дрожжей, примеры и функции.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации в форме зачета

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. Общие принципы и механизмы активации кислорода в клетке. Понятие «активные формы кислорода» (АФК).
2. Основные формы АФК, их образование и свойства.
3. Токсическое действие АФК. Наиболее реакционноспособные АФК.
4. Процесс перекисного окисления липидов. Неферментативный путь (аутоокисление) и ферментативные реакции.
5. Липоксигеназное превращение ненасыщенных жирных кислот. Оксипирины и их защитные функции.
6. Биологическая роль АФК. АФК в онтогенезе.
7. Окислительный стресс и температурный стресс (гипотермия, гипертермия).
8. Роль митохондрий в образовании АФК в клетке, потенциальные сайты образования АФК в митохондриях.

9. Вклад дыхательных комплексов в продукцию АФК.
10. Роль альтернативных НАД(Ф)Н-дегидрогеназ в генерации АФК.
11. Ткане-, субстрат- и организм-специфичные свойства продукции АФК в митохондриях.
12. Окисление белков. Идентификация окисленных митохондриальных белков.
13. Окисление ДНК. Накопление мутаций в митохондриальной ДНК.
14. Стратегия защиты митохондрий от окислительного стресса, последовательность этапов.
15. Функционирование цитохром *c* оксидазы как механизм защиты митохондрий от окислительного стресса.
16. Функционирование альтернативной цианидрезистентной оксидазы как механизм защиты митохондрий от окислительного стресса. Роль пероксида водорода в индукции экспрессии генов альтернативной оксидазы.
17. Функционирование разобщающих белков как механизм защиты митохондрий от окислительного стресса. Роль свободных жирных кислот в регуляции образования АФК.
18. Инактивация аконитазы супероксидом как линия обороны митохондрий от АФК.
19. Антиоксидантная система защиты митохондрий. Низкомолекулярные соединения и антиоксидантные ферменты.
20. Водорастворимые антиоксиданты (аскорбиновая кислота, восстановленный глутатион), структура, свойства, механизм действия.
21. Жирорастворимые антиоксиданты (убихинон, пластохинон, витамины А, D, Е и К), структура, свойства, механизм действия.
22. Антиоксидантные ферменты митохондрий, структура, механизм действия. Супероксиддисмутаза, изоформы (Mn-SOD, CuZn-SOD). Каталаза. Пероксидазы.
23. Аскорбат-глутатионовый цикл.
24. Тиоредоксин-, пероксиредоксин- и глутаредоксин-зависимые системы.
25. Митохондриальные протеазы, их роль в деградации несобранных или поврежденных в результате окисления белков.
26. Понятия «митоптоз», «апоптоз», «феноптоз». Старение как медленный феноптоз, вызываемый повышением уровня АФК.
27. Дисфункция митохондрий. Открытие высокопроницаемой поры.
28. Антиоксиданты, адресованные в митохондрии. SkQ и его аналоги.
29. Общие принципы сигнальной трансдукции. Сигнальная роль АФК при биотическом и абиотических стрессах.
30. Роль АФК в процессах роста и развития растений. Возможные механизмы участия АФК в сигнальных системах.
31. Сигнальные системы митохондрий, функции. Ретроградная регуляция у растений и дрожжей.
32. Способы определения АФК в живой клетке. Спектрофотометрические и флуоресцентные методы, достоинства и недостатки.
33. Определение радикалов кислорода. Электронный спиновый резонанс, основные виды спиновых ловушек.
34. Регистрация продуктов перекисного окисления липидов. Определение продуктов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой.
35. Методы отслеживания образования и локализации АФК в живых клетках с использованием H₂DCF-DA и CM-H₂DCF-DA, преимущества и недостатки.

Разработчики:


(подпись)

профессор О. И. Грабельных

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 06.04.01 «Биология» и профилю подготовки «Биохимия и молекулярная биология».

Программа рассмотрена на заседании кафедры биохимии, молекулярной биологии и генетики

«06» 03 2025 г.

(наименование)

Протокол № 8 Зав. кафедрой



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