

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
биохимии и биотехнологии  
протокол № 10 от 11 февраля 2022 г.

Согласовано:  
Декан  
биологического факультета

Зав. кафедрой



/ С.А. Башкатов



/С.А. Башкатов

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**«Биохимия устойчивости растений»**

Вариативная часть

**Направление подготовки 06.06.01 Биологические науки**

**Направленность подготовки**

**«Биохимия»**

**Подготовка кадров высшей квалификации (аспирантура)**

Квалификация

**«Исследователь. Преподаватель-исследователь»**

Форма обучения

Очная, заочная

Разработчик (составитель):  
кандидат биологических наук

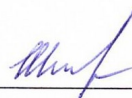


/ И.А.Шпирная

Уфа – 2022 г.

Составитель:

доцент кафедры биохимии и биотехнологии,  
кандидат биологических наук



/И.А.Шпирная

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры биохимии и биотехнологии протокол № 10 от 11 февраля 2022 г.

Заведующий кафедрой



С.А. Башкатов

## Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Цели и место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	6
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	6
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	8
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	13
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	14
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	15
Приложение №1	16

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

В результате освоения основной профессиональной образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Результаты обучения <sup>1</sup>	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание	
Знания	<b>Знать:</b> - многообразие защитных веществ, синтезируемых растением в ответ на стрессовое воздействие	<b>ПК-1</b> способность к применению теоретических основ закономерностей структуры и функционирования биомолекул, осуществлению биохимических процессов	
Умения	<b>Уметь:</b> - давать характеристику патогенам по способу питания. - схематично объяснять пути сигнальной трансдукции. -пользоваться стандартами, базами данных ЕОКЗР по оценке эффективности препаратов защиты растений.		
Владения (навыки / опыт деятельности)	<b>Владеть:</b> - современными методами биохимических исследований		
Знания	<b>Знать:</b> -- основные типы вторичных метаболитов растений, участвующие в защитных реакциях растения; биохимические реакции, возникающие в ответ на повреждение фитофагами и возбудителями заболеваний, пути трансдукции сигнала.	<b>ПК-2</b> способность к проведению научных исследований в области биохимии: сбор и подготовка научных материалов, квалифицированная постановка экспериментов, обработка и интерпретация результатов экспериментальных исследований	
Умения	<b>Уметь:</b> - определять активность фитонцидов, ингибиторов гидролаз в тканях растений. - выделять вторичные метаболиты, участвующие в защитных реакциях		
Владения (навыки / опыт деятельности)	<b>Владеть:</b> - навыками работы с химической посудой и		

приборами, находящимися в биохимической лаборатории  
- навыками проведения полевых и лабораторных экспериментов и оформления полученных результатов.

## 2. Цели и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Биохимия устойчивости растений» относится к вариативной части. Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре – очная форма обучения, для заочной формы обучения: на 2,3 курсах (4,5 семестры). Дисциплина «Биохимия устойчивости растений» содержательно и логически соотносится с курсами, изучаемыми в бакалавриате и магистратуре, это «Биохимия и основы молекулярной биологии», «Энзимология», «Биополимеры и их метаболизм».

Целью курса является формирование у аспирантов современных представлений об уровне научных достижений в данной области, ознакомление аспирантов с многообразием молекулярных механизмов иммунитета растений, характеристика защитных веществ, различных классов, изучение многообразия трансдукции сигналов в растительном организме.

В задачи дисциплины входят:

- воспитание у обучающихся естественно-научного мировоззрения о химической структуре окружающей среды с осмыслением логических схем различных механизмов устойчивости, возникающих в растениях в ответ на повреждение;

формирование научно – методического подхода к практической деятельности человека.

Курс предусматривает рассмотрение теоретических основ механизмов устойчивости растений и знакомство аспирантов с многообразием соединений, участвующих в регуляции устойчивости растений к биотическому и абиотическому стрессу. Рассматриваются различные типы устойчивости растительного организма.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин, как Физиология растений, Биохимия, Биоэнергетика, Биофизика, основы которых даются при обучении по программам бакалавриата и магистратуры.

## 3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

## 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

**ПК-1** способность к применению теоретических основ закономерностей структуры и функционирования биомолекул, осуществлению биохимических процессов

Планируемые	Критерии оценивания результатов обучения
-------------	--

<b>результаты обучения*</b> (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)					
<b>Этап 1: репродуктивный уровень</b>	1	2 «неудовлетворительно»	3 «удовлетворительно»	4 «хорошо»	5 «отлично»
ЗНАТЬ: - многообразие защитных веществ, синтезируемых растением в ответ на стрессовое воздействие Шифр 3 (ПК-1)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления	Неполные представления	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления	Сформированные систематические представления
<b>Этап 2: продуктивный уровень</b>	1	2	3	4	5
УМЕТЬ: - давать характеристику патогенам по способу питания. Шифр: У (ПК-1)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления	Неполные представления	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления	Сформированные систематические представления
- схематично объяснять пути сигнальной трансдукции.	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления	Неполные представления	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления	Сформированные систематические представления
-пользоваться стандартами, базами данных ЕОКЗР по оценке эффективности препаратов защиты растений.	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления	Неполные представления	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления	Сформированные систематические представления

<b>Этап 3: исследовательский и/или творческий уровень</b>	1	2	3	4	5
ВЛАДЕТЬ: - современным и методами биохимических исследований Шифр: В (ПК-1) -1	Отсутствие знаний	Фрагментарн ые представлени я	Неполные представлени я	Сформирован ные, но содержащие отдельные пробелы представлени я	Сформирован ные систематичес кие представлени я

**ПК-2** способность к проведению научных исследований в области биохимии: сбор и подготовка научных материалов, квалифицированная постановка экспериментов, обработка и интерпретация результатов экспериментальных исследований

<b>Планируемые результаты обучения*</b> (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>				
	<b>Этап 1: репродуктивный уровень</b>	1	2 «неудовлетво рительно»	3 «удовлетвори тельно»	4 «хорошо»
ЗНАТЬ: -- основные типы вторичных метаболитов растений, участвующие в защитных реакциях растения; биохимические реакции, возникающие в ответ на повреждение фитофагами и возбудителями заболеваний, пути трансдукции сигнала. Шифр 3 (ПК-2)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарн ые представлени я	Неполные представлени я	Сформирован ные, но содержащие отдельные пробелы представлени я	Сформирован ные систематичес кие представлени я

<b>Этап 2: продуктивный уровень</b>	1	2	3	4	5
УМЕТЬ: - определять активность фитонцидов, ингибиторов гидролаз в тканях растений. Шифр: У (ПК-2)-1	Отсутствие знаний	Фрагментарн ые представлени я	Неполные представлени я	Сформирован ные, но содержащие отдельные пробелы представлени я	Сформирован ные систематичес кие представлени я
УМЕТЬ: выделять вторичные метаболиты, участвующие в защитных реакциях	Отсутствие знаний	Фрагментарн ые представлени я	Неполные представлени я	Сформирован ные, но содержащие отдельные пробелы представлени я	Сформирован ные систематичес кие представлени я
<b>Этап 3: исследовательский и/или творческий уровень</b>	1	2	3	4	5
ВЛАДЕТЬ: навыками работы с химической посудой и приборами, находящимися в биохимической лаборатории Шифр: В (ПК-2) -1	Отсутствие знаний	Фрагментарн ые представлени я	Неполные представлени я	Сформирован ные, но содержащие отдельные пробелы представлени я	Сформирован ные систематичес кие представлени я
ВЛАДЕТЬ: навыками проведения полевых и лабораторных экспериментов и оформления полученных результатов.	Отсутствие знаний	Фрагментарн ые представлени я	Неполные представлени я	Сформирован ные, но содержащие отдельные пробелы представлени я	Сформирован ные систематичес кие представлени я



**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	<b>Знать:</b> - многообразии защитных веществ, синтезируемых растением в ответ на стрессовое воздействие	<b>ПК-1</b> способность к применению теоретических основ закономерностей структуры и функционирования биомолекул, осуществлению биохимических процессов	тестирование, устный опрос, экзамен
	<b>Знать:</b> -- основные типы вторичных метаболитов растений, участвующие в защитных реакциях растения; биохимические реакции, возникающие в ответ на повреждение фитофагами и возбудителями заболеваний, пути трансдукции сигнала.	<b>ПК-2</b> способность к проведению научных исследований в области биохимии: сбор и подготовка научных материалов, квалифицированная постановка экспериментов, обработка и интерпретация результатов экспериментальных исследований	тестирование, устный опрос, экзамен
2-й этап Умения	<b>Уметь:</b> - давать характеристику патогенам по способу питания. - схематично объяснять пути сигнальной трансдукции. - пользоваться стандартами, базами данных ЕОКЗР по оценке эффективности препаратов защиты растений	<b>ПК-1</b> способность к применению теоретических основ закономерностей структуры и функционирования биомолекул, осуществлению биохимических процессов	тестирование, устный опрос, экзамен
	<b>Уметь:</b> - определять активность фитонцидов, ингибиторов гидролаз в тканях растений. - выделять вторичные метаболиты, участвующие в защитных реакциях	<b>ПК-2</b> способность к проведению научных исследований в области биохимии: сбор и подготовка научных материалов, квалифицированная постановка экспериментов, обработка и интерпретация результатов экспериментальных исследований	тестирование, устный опрос, экзамен
3-й этап Владение навыками	<b>Владеть:</b> - современными методами биохимических исследований	<b>ПК-1</b> способность к применению теоретических основ закономерностей	тестирование, устный опрос, экзамен

		структуры и функционирования биомолекул, осуществлению биохимических процессов	
	- навыками работы с химической посудой и приборами, находящимися в биохимической лаборатории - навыками проведения полевых и лабораторных экспериментов и оформления полученных результатов.	<b>ПК-2</b> способность к проведению научных исследований в области биохимии: сбор и подготовка научных материалов, квалифицированная постановка экспериментов, обработка и интерпретация результатов экспериментальных исследований	тестирование, устный опрос, экзамен

## Экзамен

Экзамен является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций.

### Программа экзамена

**Введение.** Стресс и адаптация - общая характеристика явлений. Классификация стрессоров. Стрессы биотической и абиотической природы.

**2. Фитоиммунология как составная часть общей иммунологии.** Функции иммунитета. Иммунитет. Хозяйская и нехозяйская устойчивость. Тип и степень совместимости в системе: большое растение. Генетическая природа устойчивости растений к патогенам. Генетический анализ взаимоотношений паразита и хозяина. Теория ген на ген. Методы анализа расового состава фитопатогенов и номенклатура рас. Вертикальная и горизонтальная устойчивость. Фактора патогенности паразита и неспецифической устойчивости растений. Вертикальная патосистема. AVR-гены и их продукты. R-гены и их продукты.

Гены иммунного ответа и их продукты (фитоалексины, PR-белки, фенолпропаноиды и др.). VIR-гены и их продукты (супрессоры, патотоксины, ферменты, деградирующие фитоалексины и др.). Детерминанты патогенности микроорганизмов: факторы, способствующие контакту микроорганизма и растения, супрессоры защитной реакции и токсины, факторы, обеспечивающие проникновение патогена и его питание внутри растения факторы, обеспечивающие преодоление защитной реакции растения и др. Сопряженная эволюция растения хозяина и патогена. Некротрофы и биотрофы - низко- и высокоспециализированные патогены.

### 3. Рецепция стрессорного сигнала растением.

Пути сигнальной трансдукции. Участие гормонов в сигнальной трансдукции. Ответные реакции растений на действие стрессоров. Специфические и неспецифические реакции. Природа неспецифических реакций. Концепция Ганса Селье. Стрессовые белки и их функции. Патогены и элиситоры. Рецепторы элиситоров. Участие в регуляторных системах растительной клетки G-белков, ферментов синтеза сигнальных молекул, протеинкиназ и протеинфосфатаз. Регуляция функции белковых молекул путем их модификации в растительных клетках.

### 4. Детерминанты устойчивости растений к патогенам

Двухфазность ответа растений на внедрение патогена: распознавание чужеродного и защитная реакция. Роль лектинов в распознавании. Рецептор - лигандный тип взаимодействия растения-хозяина и патогена. Роль олигосахаридов в ответной реакции растения на внедрение патогена (работы Элберштейна и его школы).

Детерминанты устойчивости растений к патогенам: фитонциды, антибиотические вещества (фитоалексины), механические барьеры, реакция сверхчувствительности и др. Активные формы кислорода (АФК)-супероксидный радикал, гидроксил-радикал, синглетный кислород. Механизмы их образования. Стимуляция генерации АФК при стрессах. Токсическое действие АФК, их повреждающие эффекты. Стимуляция перекисного окисления липидов активными формами кислорода. Механизмы защиты растений от избытка АФК. Пути устранения АФК и предотвращение их образования в клетках растений.

Антиоксиданты - аскорбат, глутатион, а-токоферол, каротиноиды. Антиоксидантные ферментативные системы-супероксиддисмутаза, аскорбат-пероксидаза, ксантофилльный цикл и др. Лигнификация. Суберинизация. Патоген-индуцируемые белки: ингибиторы протеиназ и др.

### **5. Температурная устойчивость растений.**

Действие высоких температур. Жароустойчивость растений и устойчивость к перегреву. Температурные пределы жизнедеятельности растений. Жаростойкость и внутренние нарушения при высокой температуре. Белки теплового шока (БТШ) и выживание растений. Методы изучения жаростойкости. Группы растений, различающиеся по устойчивости к обезвоживанию и жаростойкости. Пути ее повышения в практике земледелия.

Холодостойкость растений, как устойчивость к низким положительным температурам. Причины гибели растений при пониженных температурах. Роль нарушения энергетического баланса. Выработка холодостойкости у растений. Закаливание. Практические приемы повышения устойчивости растений к холоду.

Морозостойкость и зимостойкость у растений. Причины гибели растений при образовании внутриклеточного и межклеточного льда. Вымокание, выпревание, выпирание озимых растений. Зимостойкость растений в связи с ходом их развития онтогенеза. Влияние условий существования на зимостойкость растений (состояние почвы, агротехника, условия питания).

### **6. Влияние недостатка и избытка воды на растение.**

Влияние избыточного увлажнения на растения. Действие затопления. Образование токсических соединений и усиление деятельности патогенных микроорганизмов при затоплении. Гипоаэробия и анаэробия. Органические поражения при анаэробии. Пути приспособления к недостатку  $O_2$ . Поддержание высокого уровня концентрации кислорода. Адаптивные морфологические и метаболические изменения. Перспективы повышения устойчивости культурных растений к недостатку  $O_2$  (гипоксия) и отсутствию  $O_2$  (аноксия).

Засухоустойчивость. Засуха и типы засух (почвенная и атмосферная). Зоны недостаточного увлажнения. Физиологические процессы при засухе. Lea – белки. Убиквитины и аквапорины. Шапероны и ингибиторы протеаз. Пути приспособления растений к низкому водному потенциалу. Осмолярность и совместимые осмолиты. Относительное содержание воды (ОСВ), водный дефицит и остаточный водный дефицит растений.

Состояние воды в почве: мертвый запас влаги и коэффициент завядания. Подвижность почвенной влаги. Критические периоды к недостатку влаги. Ведущие причины снижения урожая при засухе.

Типы и группы ксерофитных растений. Методы и пути повышения засухоустойчивости культурных растений.

### **7. Солеустойчивость растений и устойчивость к тяжелым металлам.**

Адаптация растений к осмотическому и токсическому действию солей. Способы поддержания оводнённости. Осморегуляторная и протекторная функции осмолитов. Протекторные белки (ПБ), синтезирующиеся в растениях при солевом стрессе. Индукция биосинтеза ПБ высокими концентрациями солей. Функции протекторных белков. Системы ионного гомеостатирования клеток.

Компартментация ионов, роль вакуоли. Роль плазмалеммы и тонопласта в поддержании низких концентраций  $\text{Na}^+$  в цитоплазме при засолении.  $\text{Na}^+$ -транспортирующие системы и их свойства. Дальний транспорт  $\text{Na}^+$  (уровень целого растения). Стратегия избегания накопления ионов в активно метаболизирующих тканях и генеративных органах в условиях засоления.

Влияние тяжелых металлов не физиологические процессы растений. Особенности загрязнения почв тяжелыми металлами и степень их токсичности. Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам.

### **8. Газоустойчивость растений и устойчивость к основным видам промышленных загрязнений.**

Растения – биоиндикаторы загрязнений. Газочувствительность, газоустойчивость, формирование устойчивости к газам, регуляция поступления токсикантов, роль поддержания ионного баланса и буферности. Способность к детоксикации. Методы и приемы повышения газоустойчивости растений.

Наиболее значимые активные формы кислорода (АФК) и окислительный стресс. Супероксид  $\text{O}_2^-$ , пероксид водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$  и гидроксилрадикал  $\text{OH}$ . Повреждение биомолекул и детоксикация (система антиоксидантной защиты - АОС). Супероксиддисмутаза (СОД) – жизненно важный фермент всех аэробных организмов.

### **9. Устойчивость растений к экстремальным температурам.**

Адаптации, обеспечивающие постоянство КМ при температурных сдвигах. Структурные перестройки клеточных мембран при температурных адаптациях. Роль изменения химического состава жирных кислот и соотношения насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в обеспечении необходимой подвижности липидного бислоя мембраны при температурных адаптациях. Изменение вязкости липидов и регуляция активности локализованных в мембранах ферментов. Роль и функция десатураз в изменении индекса ненасыщенности жирных кислот при температурных адаптациях.

### **10. Сигнальные системы клеток растения.**

НАДФ-оксидазная сигнальная система. NO-синтазная сигнальная система. Протонная сигнальная система. Регуляция ионных потоков интермедиатами сигнальных систем. Фосфатидатная сигнальная система. Кальциевая сигнальная система. Регуляторная роль  $\text{Ca}^{2+}$  и кальмодулина. Липоксигеназная сигнальная система.

**11. Принципы конструирования устойчивых растений методами клеточной и генной инженерии.** Трансгенные растения, механизмы конструирования, история вопроса. Риски использования ГМО.

**12. Механизмы формирования индуцированной устойчивости.** Синтез БАВ, методы повышения устойчивости растений без генетического вмешательства.

Освоение материала аспирантом осуществляется в ходе лекций, лабораторных и семинарских занятий, самостоятельной работы. Во время практических занятий аспиранты последовательно выполняют предложенные задачи, пользуясь методическими пособиями и указаниями преподавателя. Во время практических занятий аспиранты приобретают навыки работы с приборами и оборудованием, учатся получать и обрабатывать данные, рассчитывать погрешность измерений, строить графики, рассчитывать неизвестные концентрации растворов и др. Контрольные задания по пройденной теме позволяют оценить усвоение аспирантом учебного материала. Текущий контроль успеваемости осуществляется в устной форме – защиты лабораторных работ, рубежный контроль – в форме тестовых заданий и решением расчетных задач в

письменной форме. В ходе самостоятельной работы аспиранты, пользуясь доступными источниками информации (литература, WEB-ресурсы), изучают предложенные темы предмета (предполагается теоретическое изучение).

### Вопросы

1. Основные группы факторов (стрессоров), способных вызвать стресс у растений. Особенности проявления стрессовых реакций у растений.
2. Типы повреждений растений под действием стрессоров. Специфические и неспецифические стрессовые реакции у растений.
3. Общие представления об устойчивости растений. Типы устойчивости: жароустойчивость, холодоустойчивость, радиоустойчивость, устойчивость к осмотическому стрессу и др.
4. Понятие «адаптация». Типы адаптаций к стрессу: анатомические, морфологические, физиологические, поведенческие и др.
5. Водный дефицит и засухоустойчивость растений. Экологические группы растений с разной устойчивостью к дефициту воды: гомойогидрические и пойкилогидрические (ксерофиты, гигрофиты, гидрофиты, мезофиты).
6. Механизмы устойчивости растений к водному дефициту. Осмопротекторы.
7. Действие высокой температуры на растения и их жароустойчивость.
8. Холодоустойчивость растений. Действие на растения низкой температуры. Криопротекторы.
9. Морозоустойчивость растений. Зимостойкость. Механизмы приспособления растений к низким температурам.
10. Осмотический стресс. Влияние осмотического стресса на физиологические процессы.
11. Способы защиты растений от избытка солей. Солеустойчивость, или галотолерантность. Типы галофитов: эугалофиты, криногалофиты, гликогалофиты.
12. Механизмы газоустойчивости у растений: биологические, анатомо-морфологические, физиолого-биохимические.
13. Пути поступления ТМ в окружающую среду. Аккумулятивные «стратегии» растений: общие представления о растениях-аккумуляторах, индикаторах и исключителях (отражателях). Токсичность ТМ для растительных организмов/
14. Основные механизмы защиты растений от действия ТМ.
15. Фитопатогены и фитоиммунитет. Характеристика основных групп возбудителей болезней растений (грибы, актиномицеты, бактерии и вирусы). Некротрофы и биотрофы - низко- и высокоспециализированные патогены
16. Классификация фитопатогенов. Основные виды токсинов, выделяемых фитопатогенами.
17. Защита растений от патогенов и фитофагов. Реакция сверхчувствительности. Фитоиммунитет.
18. Антиоксиданты - аскорбат, глутатион, а-токоферол, каротиноиды. Антиоксидантные ферментативные системы-супероксиддисмутаза, аскорбат-пероксидаза, ксантофилльный цикл и др. Лигнификация. Суберинизация. Патоген-индуцируемые белки: ингибиторы протеиназ и др.
19. Гены иммунного ответа и их продукты (фитоалексины, PR-белки, фенолпропаноиды и др.). VIR-гены и их продукты (супрессоры, патотоксины, ферменты, деградирующие фитоалексины и др.). Детерминанты патогенности микроорганизмов: факторы, способствующие контакту микроорганизма и растения, супрессоры защитной реакции и токсины, факторы, обеспечивающие проникновение патогена и его питание внутри растения факторы, обеспечивающие преодоление защитной реакции растения и др.

20. Патогены и элиситоры. Рецепторы элиситоров. Участие в регуляторных системах растительной клетки G-белков, ферментов синтеза сигнальных молекул, протеинкиназ и протеинфосфатаз.
21. Стресс и адаптация - общая характеристика явлений. Классификация стрессоров. Стрессы биотической и абиотической природы.
22. Рецепция стрессорного сигнала растением. Пути сигнальной трансдукции. Участие гормонов в сигнальной трансдукции.
23. Ответные реакции растений на действие стрессоров. Специфические и неспецифические реакции. Природа неспецифических реакций.
24. Концепция Ганса Селье. Стрессовые белки и их функции.
25. Фитоиммунология как составная часть общей иммунологии. Функции иммунитета. Иммунитет.
26. Генетическая природа устойчивости растений к патогенам. Изменчивость фитопатогенных организмов и методы ее оценки.
27. Генетический анализ взаимоотношений паразита и хозяина.
28. Вертикальная и горизонтальная устойчивость. Фактора патогенности паразита и неспецифической устойчивости растений.
29. Вертикальная патосистема. AVR-гены и их продукты. R-гены и их продукты.
30. Гены иммунного ответа и их продукты (фитоалексины, PR-белки, фенилпропаноиды и др.). VIR-гены и их продукты (супрессоры, патотоксины, ферменты, деградирующие фитоалексины и др.).
31. Детерминанты патогенности микроорганизмов: факторы, способствующие контакту микроорганизма и растения, супрессоры защитной реакции и токсины, факторы, обеспечивающие проникновение патогена и его питание внутри растения факторы, обеспечивающие преодоление защитной реакции растения и др.
32. Сопряженная эволюция растения хозяина и патогена.
33. Некротрофы и биотрофы - низко- и высокоспециализированные патогены. Пути приспособления к некротрофам.
34. Двухфазность ответа растений на внедрение патогена: распознавание чужеродного и защитная реакция.
35. Роль лектинов в распознавании. Рецептор-лигандный тип взаимодействия растения-хозяина и патогена.
36. Роль олигосахаридов в ответной реакции растения на внедрение патогена ( работы Элберсгейма и его школы).
37. Детерминанты устойчивости растений к патогенам: фитонциды, антибиотические вещества (фитоалексины), механические барьеры, реакция сверхчувствительности и др.
38. Активные формы кислорода (АФК)-супероксидный радикал, гидроксил-радикал, синглетный кислород. Механизмы их образования. Стимуляция генерации АФК при стрессах.
39. Токсическое действие АФК, их повреждающие эффекты. Стимуляция перекисного окисления липидов активными формами кислорода. Механизмы защиты растений от избытка АФК. Пути устранения АФК и предотвращение их образования в клетках растений.
40. Антиоксиданты - аскорбат, глутатион, а-токоферол. Антиоксидантные ферментативные системы.- супероксиддисмутаза. аскорбат-пероксидаза, ксантофилльный цикл и др.
41. Патогены и элиситоры. Рецепторы элиситоров.
42. Участие в регуляторных системах растительной клетки G-белков, ферментов синтеза сигнальных молекул, протеинкиназ и протеинфосфатаз.
43. Регуляция функции белковых молекул путем их модификации в растительных клетках.

44. Участие низкомолекулярных терпеноидов в адаптации растений к низким температурам.
45. Участие низкомолекулярных терпеноидов в защите растений от фитофагов
46. Механизмы фунгицидного действия тритерпеновых гликозидов.
47. Антифиданты. Основные группы и механизмы воздействия на фитофагов.
48. Вторичные метаболиты – репелленты.
49. Вторичные метаболиты, участвующие в дистанционной защите растений.
50. Экидистероиды. Функции. Механизмы защиты от насекомых.
51. Пиретроиды в защите растений от насекомых-фитофагов.
52. Алкалоиды, обладающие инсектицидной активностью.
53. Жасмоновая кислота. Биосинтез. Функции.

Экзаменационный билет состоит из трех основных вопросов и одного дополнительного вопроса программы экзамена.

Экзамен оценивается по пятибалльной шкале.

*Примерные критерии оценивания ответа на экзамене:*

**5 баллов (отлично)** выставляется аспиранту, если он дал полный, развернутый ответ на все вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Аспирант без затруднений ответил на дополнительный вопрос.

**4 балла (хорошо)** выставляется аспиранту, если он ответил на все вопросы, однако допустил неточности в определении основных понятий; при ответе на дополнительный вопрос допущены небольшие неточности; дал развернутые ответы на два из трех вопросов из билета и ответил на дополнительный вопрос.

**3 балла (удовлетворительно)** выставляется аспиранту, если при ответе вопросы билета им допущены несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос.

**2 балла (неудовлетворительно)** выставляется аспиранту, если ответы на вопросы свидетельствуют о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Аспирант не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

### Примеры тестовых заданий в течение семестра

#### 1. К АФК, выполняющим функцию сигналинга относятся:

- а) перекись водорода, супероксидный радикал
- б) супероксидный радикал, гидроксидный радикал
- в) гидроксидный радикал, оксид азота
- г) перекись водорода, оксид азота.
- д) нет правильного ответа.

#### 2. АФК в растительных тканях выполняют функции:

- а) защитную и сигнальную
- б) защитную
- в) сигнальную
- г) информационную
- д) нет правильного ответа.

**3. Снижение содержания перекиси водорода в клетках происходит при участии фермента:**

- а) НАДФН-оксидазы б) оксалаксидаза в) каталаза г) супероксиддисмутаза  
д) нет правильного ответа.

**4. Путь передачи сигнала состоит из следующих звеньев:**

- а) сигнал-рецептор-ФРТ-ПК-геном-экспрессия «защитных» генов  
б) сигнал-рецептор- G-белки-ФРТ-ПК-геном-экспрессия «защитных» генов  
в) сигнал-рецептор- G-белки- ПК- ФРТ-геном-экспрессия «защитных» генов  
г) сигнал-рецептор- ПК-G-белки-ФРТ-геном-экспрессия «защитных» генов  
д) нет правильного ответа.

**5. В синтезе АФК участвует**

- а) НАДФН-оксидаза б) каталаза в) липоксигеназа г) протеинкиназа  
д) нет правильного ответа.

**6. К антиоксидантной системе клетки относятся ферменты:**

- а) каталаза, пероксидаза, супероксиддисмутаза б) НАДФН-оксидаза,  
пероксидаза, супероксиддисмутаза в) оксалаксидаза, пероксидаза,  
супероксиддисмутаза  
г) оксалаксидаза, НАДФН-оксидаза, пероксидаза, д) нет правильного ответа.

**7. Молекулами-антиоксидантами являются:**

- а) глутатион, щавелевая кислота б) глутатион, аскорбиновая кислота в)  
токоферол, салициловая кислота г) токоферол, аргинин д) нет правильного  
ответа.

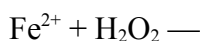
**8. В апоптозе клетки принимают участие:**

- а) специфические протеазы (каспазы) б) каталаза в) липоксигеназа  
г) протеинкиназа д) нет правильного ответа.

**9. Для СВЧ- реакции характерно:**

- а) точечные некрозы на поверхности растительной ткани  
б) синтез метилжасмоната и выделение его в воздушное пространство  
в) повышение прочности клеточных стенок  
г) некроз отдельных растительных органов  
д) нет правильного ответа.

**10. Продолжите реакцию Фентона:**



**5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**Основная:**

1. Хелдт Г.-В. Биохимия растений. Изд-во: Бином. Лаборатория знаний. 2011.472 с.
2. Ибрагимов Р. И., Яруллина Л. Г., Шпирная И. А. Устойчивость растений к патогенным организмам : методы исследований : учеб. пособие [Электронный ресурс] — Уфа : РИЦ БашГУ, 2010 .— 114 с.- <https://bashedu.bibliotech.ru>
3. Яруллина Л.Г., Ибрагимов Р.И., Шпирная И.А., Цветков В.О. Цитохимические и биохимические методы исследования микроорганизмов - возбудителей болезней



растений [Электронный ресурс] : учебное пособие / Башкирский государственный университет;— Уфа : РИЦ БашГУ, 2016 .— Электрон. версия печ. публикации .— Доступ возможен через Электронную библиотеку БашГУ .— <URL:[https://elib.bashedu.ru/dl/local/Jarullina\\_i\\_dr\\_Citohim\\_i\\_biolog\\_metody\\_up\\_2016.pdf](https://elib.bashedu.ru/dl/local/Jarullina_i_dr_Citohim_i_biolog_metody_up_2016.pdf)>.

#### **Дополнительная:**

1. Веселов С. Ю. Гормоны и адаптация растений к условиям обитания: учеб. пособие / С. Ю. Веселов, Г. Р. Кудояров, И. И. Иванов ; М-во образования РФ, Баш. гос. ун-т - Уфа: РИО БашГУ, 2003 - 92 с.
2. Ямалеева А. А. Молекулярно-биологические основы фитоиммунитета: уч. пособие / А. А. Ямалеева; БашГУ - Уфа: РИЦ БашГУ, 2008 - 198 с.
3. Яруллина Л.Г., Ибрагимов Р.И. Клеточные механизмы формирования устойчивости растений к грибным патогенам — Уфа : Гилем, 2006 .— 232 с. — Библиогр.: с. 175 .
4. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений /Под ред. Н.Н. Третьякова. М.: Колос, 1998. 640 с.
5. Баширова Р.М. Вторичные метаболиты растений. Уфа. РИО БашГУ. 2003. -188 с.
6. Современные проблемы биохимии: Методы исследований : учебное пособие [Электронный ресурс]/ Е.В. Барковский, С.Б. Бокуть, А.Н. Бородинский и др. ; под ред. А.А. Чиркин. - Минск : Вышэйшая школа, 2013. - 495 с. : ил., табл., схем. - ISBN 978-985-06-2192-4. - URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=235695>
7. Волынец, А.П. Фенольные соединения в жизнедеятельности растений [Электронный ресурс] / А.П. Волынец ; под ред. Т.С. Климович. - Минск : Белорусская наука, 2013. - 284 с. - ISBN 978-985-08-1515-6. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=142423>
8. Шуканов, В.П. Гормональная активность стероидных гликозидов растений [Электронный ресурс] / В.П. Шуканов, А.П. Волынец, С.Н. Полянская ; под ред. Л.Л. Божко. - Минск : Белорусская наука, 2012. - 245 с. - ISBN 978-985-08-1432-6 - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=143072>

## **5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины**

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины**

#### **Список интернет ресурсов:**

- ЭБС «Университетская библиотека online» <http://biblioclub.ru/>
- ЭБС издательства «ЛАНЬ» <http://e.lanbook.com/>
- Электронная библиотека БашГУ <https://bashedu.bibliotech.ru>
- Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/>
- Электронная библиотека диссертаций РГБ <http://diss.rsl.ru/>
- БД электронных периодических изданий EastView <http://www.ebiblioteka.ru/>

## **6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Наименование	Вид занятий	Наименование оборудования, программного
--------------	-------------	---

специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий		обеспечения
<p><i>1 учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа</i> <i>учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа</i> <i>учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)</i> <i>учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций</i> <i>учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации</i> (аудитория №324, аудитория № 327 учебный корпус биофака).</p> <p><i>2.учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа</i> <i>учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)</i> <i>учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций</i> <i>учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации</i> (аудитория №329, аудитория №331 учебный корпус биофака) Аудитория № 316 Лаборатория энзимологии Лаборатория учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ) <i>4.помещение для самостоятельной работы</i> (аудитория №428, читальный зал № 1)</p>	<p>лекции, семинары (практические занятия)</p> <p>консультации, экзамен</p> <p>самостоятельная работа</p>	<p><b>Аудитория № 324</b> Учебная мебель, доска, экран на штативе DIQUIS, проектор Sony VPL-EX 100, ноутбук AserExtensa 7630G-732G25Mi.</p> <p><b>Аудитория № 327</b> Учебная мебель, доска, проектор BenQMX525 DLP3200LmXGA13000, экран ClassicSolutionNorma настенный</p> <p><b>Аудитория № 329</b> Учебная мебель, доска, лабораторный инвентарь, весы Ohaus SPU-202, термостат TCO 1/80 СПУ охлаждающий, центрифуга ОПН 3М, шкаф вытяжной большой – 2 шт., магнитная мешалка ММ-4, весы торсионные, экран на штативе Dexr TM-80, шкаф вытяжной – 2 шт.</p> <p><b>Аудитория № 428</b> Учебная мебель, доска, трибуна, мультимедиа-проектор InFocusIN119HDx, ноутбук Lenovo 550, экран настенный ClassicNorma 200*200.</p> <p><b>Читальный зал №1</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, стенд по пожарной безопасности, моноблоки стационарные – 5 шт, принтер – 1 шт., сканер – 1 шт.</p> <p><b>Аудитория № 316</b> Лаборатория энзимологии Лабораторный инвентарь, аппарат для гель-электрофореза, весы HL-100, дозатор (пипетка) переменного объема с наконечниками – 11 шт., мешалка магнитная ММ-01, микроскоп "ЛОМО" Микмед-1, КФК УХЛ 4.2, рН-метр АНИОН-4102 2-х канальный, спектрофотометр псевдодвухлучевой UV-VISSpecord 50 с кюветодержателем и кювета, хроматографическая система низкого давления с коллектором фракций и программным обеспечением, холодильник бытовой Бирюса-131К, центрифуга 5417R с охлаждением, шейкер-инкубатор термостатируемый ES 20/60 с платформой PP-400, шкаф вытяжной.</p> <p><b>Программное обеспечение</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Windows 8 Russian. Windows Professiona 1 8 Russian Upgrade. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 104 от 17.06.2013 г.</li> <li>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 114 от 12.11.2014 г</li> <li>3. Инструмент количественного определения активности амилолитических ферментов и ингибиторов амилаз по площади зоны гидролизованного крахмала, иммобилизованного в гель агарозы. № свидетельства 2015612790 от 26.02.2015, приказ № 1043 от 01.10.2015.</li> </ol> <p>Инструмент определения гидrolитической</p>

		активности по гидролизу субстрата в полиакриламидном геле. № свидетельства 2018611900 от 08.02.2018, приказ № 368 от 29.03.2018
--	--	---

Приложение № 1

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Биохимия устойчивости растений» на 6 семестр  
(наименование дисциплины)

очная

форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	8
лекций	2
практических	4
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	64
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/ дифференцированному зачету (Контроль)	36

Формы контроля:

Экзамен 6 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)			Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	СР			
1	2	3	5	6	7	8	9
1.	Биохимия устойчивости растений к биотическим и абиотическим факторам среды. Природа устойчивости растений к основным биотическим и абиотическим стрессам. Индуцированная устойчивость и иммунизация растений. Использование синтетических и биогенных индукторов устойчивости. Адаптивный иммунный потенциал растений.			8	[1]-[12]	Изучение рекомендуемой литературы	Устный опрос, тестирование, экзамен
2.	<b>Рецепция стрессорного сигнала растением.</b> Пути сигнальной трансдукции. Участие гормонов в сигнальной трансдукции. Ответные реакции растений на действие стрессоров. Специфические и неспецифические реакции. Природа неспецифических реакций. Концепция Ганса Селье. Стрессовые белки и их функции. Патогены и элиситоры. Рецепторы элиситоров. Участие в регуляторных системах растительной клетки G-белков, ферментов синтеза сигнальных			8	[1]-[12]		Устный опрос, тестирование, экзамен

	молекул, протеинкиназ и протеинфосфатаз. Регуляция функции белковых молекул путем их модификации в растительных клетках.						
3.	<b>Детерминанты устойчивости растений к патогенам</b> Двухфазность ответа растений на внедрение патогена: распознавание чужеродного и защитная реакция. Роль лектинов в распознавании. Рецептор - лигандный тип взаимодействия растения-хозяина и патогена. Роль олигосахаридов в ответной реакции растения на внедрение патогена (работы Элберсгейма и его школы).	1	-	8	[1]-[12]	Изучение рекомендуемой литературы	Устный опрос, тестирование, экзамен
4.	Фитонциды, антибиотические вещества (фитоалексины), механические барьеры, реакция сверхчувствительности и др. Активные формы кислорода (АФК)-супероксидный радикал, гидроксил-радикал, синглетный кислород. Механизмы их образования. Стимуляция генерации АФК при стрессах. Токсическое действие АФК, их повреждающие эффекты. Стимуляция перекисного окисления липидов активными формами кислорода. Механизмы защиты растений от избытка АФК. Пути устранения АФК и предотвращение их образования в клетках растений.			8	[1]-[12]	Изучение рекомендуемой литературы	Устный опрос, тестирование, экзамен
5.	Антиоксиданты - аскорбат,		-	8	[1]-[12]	Изучение	Устный опрос,

	глутатион, а-токоферол, каротиноиды. Антиоксидантные ферментативные системы- супероксиддисмутаза. аскорбат-пероксидаза, ксантофилльный цикл и др. Лигнификация. Суберинизация. Патоген-индуцируемые белки: ингибиторы протеиназ и др.					рекомендуемой литературы	тестирование, экзамен
6.	Устойчивость растений к экстремальным факторам среды. Абиотические и биотические стрессы	-	2	8	[1]-[12]	Изучение рекомендуемой литературы	Устный опрос, тестирование, экзамен
	<b>Всего часов:</b>	2	4	64			

