

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования**  
**«Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова»**

Кафедра ботаники и микробиологии

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
биологии и экологии



О.А. Маракаев

«19» мая 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**

«Взаимоотношения растений с другими организмами»

программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по научной специальности 1.5.21 Физиология и биохимия растений

Форма обучения очная

Программа одобрена на заседании кафедры  
ботаники и микробиологии  
протокол № 9 от «18» апреля 2023 года

Ярославль

### **1. Цели освоения дисциплины**

- формирование представлений о симбиотических взаимоотношениях растений с другими организмами;
- ознакомление с основными типами симбиоза растений и микроорганизмов;
- развитие у аспирантов способностей к самостоятельному анализу, сопоставлению и обобщению материала, касающегося особенностей симбиотических взаимодействий;
- ознакомление с методами исследования ассоциативных связей растений с микроорганизмами.

### **2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры**

Дисциплина «Взаимоотношения растений с другими организмами» является дисциплиной по выбору. Она показывает симбиотические взаимодействия растений с другими организмами, их структурные, физиологические и биохимические связи. Данная дисциплина имеет логические и содержательно-методические взаимосвязи с дисциплинами «Физиология и биохимия растений» и «Интеграция физиологических процессов у растений».

### **3. Планируемые результаты освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- основные типы симбиотических взаимодействий растений с другими организмами;
- принципы регуляции взаимоотношений в симбиозе с автотрофным партнером.

Уметь:

- выявлять ассоциативные связи растений с микроорганизмами;
- оценивать влияние симбиотических микроорганизмов на физиологические особенности растений.

Владеть:

- навыками обработки теоретической информации в области симбиотических взаимодействий организмов;
- методами изучения ассоциативных связей растений с бактериями и микобионтами.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий и их трудоемкость (в академических часах)					Формы текущего контроля успеваемости
			лекции	практические	лабораторные	консультации	самостоятельная работа	Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
1	Симбиоз как образ жизни	2	1				10	реферат
2	Взаимоотношения растений и микроорганизмов как один из типов симбиоза	2	1				10	реферат
3	Взаимодействия растений и микроорганизмов в ризосфере и ризоплане	2	0,5				10	собеседование
4	Взаимодействия растений и микроорганизмов в геммисфере, спермосфере, филлосфере и филлоплане	2	0,5				10	реферат
5	Роль растений в ассоциативной азотфиксации	2	0,5				10	реферат
6	Другие формы взаимовыгодных отношений растений и микроорганизмов	2	0,5				10	реферат
7	Паразитизм микроорганизмов на растениях, механизмы и способы защиты от патогенов	2	0,5				10	реферат
8	Основы учения об иммунитете растений	2	0,5				10	реферат

9	Взаимодействия растений и грибов	2	1				10	собеседование
						2	10	зачет
	<b>Всего</b>		<b>6</b>			<b>2</b>	<b>100</b>	

### Содержание разделов дисциплины:

#### Тема 1. Симбиоз как образ жизни

История учения о симбиозе. Типы связей в биотическом сообществе. Типы симбиоза. Функции симбиоза. Защита. Предоставление благоприятного положения. Обеспечение аппарата узнавания. Питание. Установление и поддержание симбиоза. Прямая передача. Повторное информирование. Эволюция симбиоза. Эволюционная роль симбиотических взаимоотношений с участием микроорганизмов. Гипотеза симбиоза и ее значение. Значение коэволюции в симбиозах микроорганизмов с растениями.

#### Тема 2. Взаимоотношения растений и микроорганизмов как один из типов симбиоза

Систематизация микробно-растительных взаимодействий. Значение растений как центрального звена консорциев с микробными популяциями. Виды растений-эдификаторов. Функциональные группы консортов микроорганизмов – биотрофы, эккрисотрофы, сапротрофы и паразиты. Роль микроорганизмов в жизни растений. Микробы-активаторы. Микробы-ингибиторы и их действие на растения. Роль растений в жизни микроорганизмов. Трансгенные растения. Методы изучения микробно-растительного взаимодействия.

#### Тема 3. Взаимодействия растений и микроорганизмов в ризосфере и ризоплане

Определение ризосферы и ризопланы. Микробиологические и биохимические аспекты ризосферы. Корневые выделения. Колонизация ризосферы почвенными микроорганизмами. Микробное население ризосферы. Миграция микроорганизмов и радиус ризосферы. Темп размножения микроорганизмов. Состав и функции микроорганизмов в ризосфере. Свободноживущие ризосферные микроорганизмы. Механизмы воздействия микроорганизмов в ризосфере на рост растений. Микроорганизмы-фитопатогены. Микроорганизмы-мутуалисты. Регуляторы роста растений микробного происхождения. Ризосфера и традиционные средства воздействия на растения. Интродукция микроорганизмов в ризосфере и биоремедиация. Микробные удобрения и их эффективность.

#### Тема 4. Взаимодействия растений и микроорганизмов в геммисфере, спермосфере, филлосфере и филлоплане

Микробно-растительные взаимодействия при росте и развитии растений. Спермосфера. Микрофлора семян. Изменение состава микроорганизмов при прорастании семян. Геммисфера. Филлосфера. Микроорганизмы филлосферы (эпифитная микрофлора). Филлосфера как проточный культиватор различных групп микроорганизмов. Расположение микроорганизмов на поверхности листа, механизмы прикрепления. Количественный состав эпифитной микрофлоры. Зависимость видового состава бактерий флоры надземных органов растений от климатической зоны их произрастания. Приспособление микроорганизмов к экстремальным условиям обитания в филлосфере (солнечная радиация, недостаток влаги, питательные вещества и т.д.). Источники питания эпифитных бактерий. Льдообразующие бактерии как компонент эпифитной микрофлоры. Источники и пути распространения эпифитных бактерий в природе.

#### Тема 5. Роль растений в ассоциативной азотфиксации

Филлосфера и ризоплана как экологические ниши планетарного процесса ассоциативной азотфиксации. Взаимодействие микроорганизмов и растений при ассоциативной азотфиксации. Энергетическое обеспечение ассоциативной азотфиксации в ризосфере различных растений. Влияние растений на активность диазотрофных бактерий в ризосфере. Влияние факторов внешней среды на активность ассоциативной азотфиксации. Значение ассоциативной азотфиксации в азотном балансе почвы. Клубеньковые бактерии и бобовые растения. Процесс образования клубеньков. Связь между мутуализмом и

паразитизмом при симбиозе бактерий с бобовыми растениями. Происхождение и эволюция клубеньковых бактерий у бобовых растений. Видовой состав бактерий клубеньков бобовых растений. Фиксация азота симбиотическими бактериями. Клубеньковые бактерии и не бобовые растения., Взаимоотношения актиномицетов рода *Frankia* с растениями и их участие в симбиотической азотфиксации.

#### **Тема 6. Другие формы взаимовыгодных отношений растений и микроорганизмов**

Цианобактериальные маты. Симбиоз растений с цианобактериями. Бактерии как компонент микробного сообщества лишайников. Образование псевдоклубеньков («паронодуляция»).

#### **Тема 7. Паразитизм микроорганизмов на растениях, механизмы и способы защиты от патогенов**

Типы паразитизма у микроорганизмов. Специализация патогенов. Общие сведения о болезнях растений. Распространение и диагностика болезней. Понятие об эпифитотиях. Вирусы – возбудители болезней растений. Вироиды – возбудители болезней растений. Микоплазмы – возбудители болезней растений. Бактерии и болезни растений, вызываемые ими. Актиномицеты и болезни растений, вызываемые ими. Грибы – возбудители сельскохозяйственных растений. Отдел слизевики. Отдел настоящие грибы. Класс хитридиомицеты. Класс оомицеты. Класс зигомицеты. Класс аскомицеты. Класс базидиомицеты. Класс дейтеромицеты.

#### **Раздел. 8. Основы учения об иммунитете растений**

Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям. Категории иммунитета. Генетика, биохимия и молекулярная биология иммунитета растений. Оценка устойчивости растений. Методы инокуляции растений при их оценке на устойчивость. Сбор и хранение инфекционного материала. Методы учета результатов заражения. Факторы, определяющие устойчивость сельскохозяйственных растений к заболеваниям. Селекционная защита от болезней. Конституционные и индуцированные защитные свойства. Приобретенный иммунитет. Защитная роль микробов-антагонистов. Значение антагонистов в иммунитете растений. Образование и накопление антагонистов в почве. Поступление антибиотиков в растения. Биоконтролирующие агенты. Возможность образования антибиотиков в почве. Антибиотические вещества как лечебное средство в растениеводстве. Методы и средства защиты растений от болезней.

#### **Тема 9. Взаимодействия растений и грибов**

Грибы как унитарный фактор жизненного цикла растений. Взаимодействие грибов с живыми растениями – паразитизм, мутуализм, комменсализм. Фитопатогенные почвенные грибы. Грибы-эпифиты. Грибы-эндофиты. Грибы прикорневой зоны. Грибы-микоризообразователи и виды микоризы. Строение микориз. Распространенность микоризы. Микотрофия. Взаимоотношения организмов при микотрофии. Облигатная и факультативная микотрофия. Миксоавтотрофия. Холомикотрофия. Методы количественной характеристики микосимбиотрофизма растений. Бактерии как компонент микосферы и микоризосферы. Роль грибов в стабилизации фитоценозов. Деструкция мертвых растений.

### **5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Вводная лекция** – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой литературы.

**Академическая лекция с элементами лекции-беседы** – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание аспирантов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

**Проблемная лекция** – изложение материала, предполагающее постановку проблемных и дискуссионных вопросов, освещение различных научных подходов, связанные с различными моделями интерпретации изучаемого материала. Проблемная лекция начинается с вопросов, с постановки проблемы, которую в ходе изложения материала необходимо решить. В лекции сочетаются проблемные и информационные начала. При этом процесс познания аспирантом в сотрудничестве и диалоге с преподавателем приближается к поисковой, исследовательской деятельности.

**Консультации** – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы аспирантов. На консультациях по просьбе аспирантов рассматриваются наиболее сложные разделы дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы аспирантов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

**Самостоятельная работа** включает использование библиотечного фонда и электронно-библиотечной системы, подготовку рефератов по темам с использованием журналов «Физиология растений», «Микробиология», «Экология» и др. Предусмотрено проведение контрольных работ; обсуждение научных данных по итогам освоения каждой темы; обсуждение рефератов. В период самостоятельной подготовки студенты имеют возможность обсудить заданные вопросы с преподавателем.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

**Электронный учебный курс «Взаимоотношения растений с другими организмами» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ**, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы аспирантов по темам дисциплины;
- представлен список литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в случае их проведения в дистанционном формате в режиме онлайн.

## **6. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

### **а) основная литература**

1. Семенкова И.Г., Соколова Э.С. Фитопатология. М.: Академия, 2003. 480 с.

### **б) дополнительная литература**

1. Минкевич И.И., Дорофеева В.Ф., Ковязин Т.Б. Фитопатология: болезни древесных и кустарниковых пород / Под общ. ред. И.И. Минкевича. СПб.: Лань, 2011. 158 с.

2. Заварзин Г.А., Колотилова Н.Н. Введение в природоведческую микробиологию: учеб. пособие для вузов. М.: Кн. дом «Университет», 2001. 255 с.

3. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. М.: МГУ, 2005 445 с.

4. Иммуниет растений. М.: КолосС, 2005. 190 с.

### **в) ресурсы сети «Интернет»**

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»  
[http://www.lib.uniya.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniya.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)

Научная библиотека ЯрГУ предоставляет доступ к лицензионным современным библиографическим, реферативным и полнотекстовым профессиональным базам данных и информационным справочным системам: реферативные базы данных Web of Science, Scopus; научная электронная библиотека eLIBRARY.RU; Национальная электронная

библиотека; электронно-библиотечные системы Юрайт, Проспект, Лань, Консультант студента; автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»; ProQuest Dissertations and Theses Global (Международная база данных диссертаций); электронные коллекции Springer Journals, Springer Nature Experiment; издательство Elsevier на платформе ScienceDirect; журналы Nature Journals, онлайн версия Кембриджской базы структурных данных [http://www.lib.uniya.ac.ru/content/resource/net\\_res.php](http://www.lib.uniya.ac.ru/content/resource/net_res.php)

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

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав следующие помещения:

- учебные аудитории для проведения лекций;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ЯрГУ.

Авторы:

Доцент кафедры ботаники и микробиологии, к.б.н.

Н.В. Шеховцова

Доцент кафедры ботаники и микробиологии, к.б.н.

О.А. Маракаев

**Приложение № 1**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**«Взаимоотношения растений с другими организмами»**

**Оценочные материалы**  
**для проведения текущей и/или промежуточной аттестации**  
**аспирантов по дисциплине**

**1. Контрольные задания и (или) иные материалы,**  
**используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

В качестве средств текущего контроля используется собеседование, а также написание в течение семестра одного реферата на выбранную тему.

**Вопросы для собеседования**

1. Краткая история и основные направления учения о микосимбиотрофизме растений.
2. Терминология и классификация микориз и микоризоподобных образований. Основные типы микориз.
3. Микоризы орхидных. Ключевая роль микотрофии в биологии растений семейства *Orchidaceae*.
4. Симбиотическое и асимбиотическое прорастание семян орхидных. Проблема семенного размножения орхидных умеренных широт.
5. Компоненты симбиоза микоризы орхидных. Грибы эндотрофных микориз, их физиология.
6. Методы исследования микотрофии растений. Особенности изучения экто- и эндомикориз.
7. Изменение структуры микориз и интенсивности микоризной инфекции в зависимости от высшего растения и гриба.
8. Взаимоотношения симбионтов в микоризах. Роль микоризообразующих грибов в минеральном питании растений.
9. Участие микоризообразующих грибов в функциональной деятельности растений.
10. Проблема иммунитета растений в связи с микоризообразованием. Влияние микоризы на формирование у растений устойчивости к патогенам.
11. Влияние экологических факторов на процесс микоризообразования. Развитие микоризной инфекции у интродуцированных растений.

**Темы рефератов**

1. Колонизация ризосферы почвенными микроорганизмами.
2. Состав и функции микроорганизмов в ризосфере.
3. Механизмы воздействия микроорганизмов в ризосфере на рост растений.
4. Регуляторы роста растений микробного происхождения.
5. Источники питания эпифитных бактерий.
6. Процесс образования клубеньков.
7. Клубеньковые бактерии и небобовые растения.
8. Бактерии как компонент микробного сообщества лишайников.
9. Микоплазмы – возбудители болезней растений.
10. Грибы-микоризообразователи и виды микоризы.
11. Облигатная и факультативная микотрофия.
12. Миксоавтотрофия.
13. Роль грибов в стабилизации фитоценозов.



## 2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

### Список вопросов к зачету:

1. История учения о симбиозе. Типы связей в биотическом сообществе. Типы симбиоза.
2. Эволюционная роль симбиотических взаимоотношений с участием микроорганизмов.
3. Значение коэволюции в симбиозах микроорганизмов с растениями.
4. Систематизация микробно-растительных взаимодействий.
5. Роль микроорганизмов в жизни растений. Микробы-активаторы. Микробы-ингибиторы и их действие на растения.
6. Роль растений в жизни микроорганизмов. Методы изучения микробно-растительного взаимодействия.
7. Микробиологические и биохимические аспекты ризосферы. Корневые выделения.
8. Микроорганизмы-фитопатогены. Микроорганизмы-мутуалисты. Регуляторы роста растений микробного происхождения.
9. Микробные удобрения и их эффективность.
10. Микробно-растительные взаимодействия при росте и развитии растений.
11. Зависимость видового состава бактерий флоры надземных органов растений от климатической зоны их произрастания.
12. Взаимодействие микроорганизмов и растений при ассоциативной азотфиксации.
13. Влияние факторов внешней среды на активность ассоциативной азотфиксации.
14. Видовой состав бактерий клубеньков бобовых растений. Фиксация азота симбиотическими бактериями.
15. Симбиоз растений с цианобактериями.
16. Общие сведения о болезнях растений. Распространение и диагностика болезней. Понятие об эпифитотиях. Иммунитет растений.
17. Вирусы и вириды – возбудители болезней растений.
18. Бактерии и болезни растений, вызываемые ими.
19. Актиномицеты и болезни растений, вызываемые ими. Грибы – возбудители сельскохозяйственных растений.
20. Антибиотические вещества как лечебное средство в растениеводстве.
21. Методы и средства защиты растений от болезней.
22. Фитопатогенные почвенные грибы. Грибы-эпифиты. Грибы-эндофиты. Грибы прикорневой зоны.
23. Грибы-микоризообразователи и виды микоризы. Строение микориз. Распространенность микоризы. Микотрофия.
24. Методы количественной характеристики микосимбиотрофизма растений.

### 2.1 Описание процедуры выставления оценки

По итогам зачета выставляется одна из оценок: «зачтено», «незачтено».

Правила выставления оценки на зачете:

Устный ответ аспиранта на зачете оценивается по 2-х балльной системе.

Отметка «зачтено» ставится, если:

- знания отличаются глубиной и содержательностью, дается полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы к зачету, так и на дополнительные;
- аспирант свободно владеет научной терминологией;
- ответ аспиранта структурирован, содержит анализ существующих теорий, научных школ, направлений и их авторов;
- ответ аспиранта логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную для решения;
- ответ аспиранта характеризуется глубиной, полнотой и не содержит фактических ошибок;

- ответ аспиранта иллюстрируется примерами, в том числе из собственной научно-исследовательской деятельности;
- аспирант демонстрирует умение аргументировано вести диалог и научную дискуссию;
- аспирант демонстрирует навыки поиска и обработки научной информации и экспериментальных данных.

Отметка «незачтено» ставится, если:

- ответ аспиранта обнаружил незнание или непонимание сущностной части дисциплины;
- содержание вопросов не раскрыто, допускаются существенные фактические ошибки, которые аспирант не может исправить самостоятельно;
- на большую часть дополнительных вопросов по содержанию зачета аспирант затрудняется дать ответ или не дает верных ответов;
- аспирант не демонстрирует навыки поиска и обработки научной информации и экспериментальных данных.