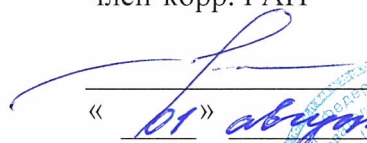



Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки
**Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр
Российской академии наук»**
(КарНЦ РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор КарНЦ РАН
член-корр. РАН


« 01 » августа 20 22 г.


**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«АССОЦИАТИВНЫЕ СИМБИОЗЫ РИЗОСФЕРЫ РАСТЕНИЙ»**

**НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ
1.5.15. ЭКОЛОГИЯ**

г. Петрозаводск
2022

Пояснительная записка

Рабочая программа дисциплины «Ассоциативные симбиозы ризосферы растений» составлена на основании следующих документов:

- Федеральный закон РФ от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Федеральный закон от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» (с изменениями и дополнениями);
- Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» (с изменениями и дополнениями);
- Приказ Министерства науки и высшего образования РФ от 24 февраля 2021 г. № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 ноября 2017 г. № 1093» (с изменениями и дополнениями);
- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)»;
- Постановление Правительства РФ от 30 ноября 2021 г. № 2122 «Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»;
- Локальные нормативные акты КарНЦ РАН.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Научная дисциплина носит интегральный характер, объединяя симбиологию, симбиогенетику, экологию и теорию эволюции.

Основной целью курса освоения дисциплины является изучение механизмов взаимного влияния, коэволюции и особенностей реализации генетической информации в надорганизменных системах симбиотической ассоциации.

В задачи освоения курса входят подробное изучение особенностей адаптации организмов к ассоциативному симбиозу, симбиотической системы – основные концепции и типы.

Данный курс содержательно и методически связан с другими частями основной образовательной программы, прежде всего дисциплинами профессионального цикла (экология и популяционная экология).

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Обязательная для изучения элективная дисциплина. Относится к Образовательному компоненту ООП. Период освоения – 3-4 семестры.

3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

ИМЕТЬ современные представление о разнообразии ассоциативных симбиозов ризосферы;

ЗНАТЬ: современные направления и методы исследования в области симбиологии и симбиогенетики;

УМЕТЬ: использовать методы исследований и ресурсы поиска информации для решения простейших научных задач;

ВЛАДЕТЬ: базовыми навыками использования методик и средств поиска информации;

4. Перечень компетенций выпускника аспирантуры, на формирование которых направлено освоение дисциплины

Способность генерировать теоретические знания и осваивать современные методы фундаментальных и прикладных исследований в области симбиологии и симбиогенетики;

Способность генерировать теоретические знания и осваивать современные методы фундаментальных и прикладных исследований в области лесной экологии;

Способность генерировать теоретические знания и осваивать современные методы фундаментальных и прикладных исследований в области симбиологии грибов и растений;

Способность планировать, организовывать и осуществлять экспериментальную работу в области экологии.

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

ЗНАТЬ:

Разнообразие ассоциативных симбиозов растений; концепция ризосферы; физиологию симбиотических систем; сигнальные взаимодействия в симбиозе; системная регуляция ассоциативных симбиозов ризосферы; основные типы микробно-растительных симбиозов (растительно-эндифитный симбиоз, азотфиксирующие микробно-растительные системы, микоризная ассоциация); морфологические и молекулярно-генетические особенности основных симбионтов ризосферы; экологическая концепция симбиоза; роль симбиоза в эволюции; экосистемное и биосферное значение симбиотических взаимодействий; методические подходы к изучению микроорганизмов прикорневой зоны растения.

УМЕТЬ:

Идентифицировать представителей основных симбионтов ризосферы; применить современные методы и подходы для решения фундаментальных и прикладных научно-исследовательских задач.

ВЛАДЕТЬ:

Навыками самостоятельной работы по сбору и камеральной обработке материала; поиском, анализом и обобщением теоретической и методологической информации. Специализированными методами изучения организмов: идентификации, морфологии, генетики, эколого-популяционного анализа, а также методами обработки и интерпретации полученных результатов.

6. Объем дисциплины и виды учебных занятий (в виде таблицы)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, что составляет 180 часов.

Вид учебной работы	Объем часов / зачетных единиц
Объем дисциплины (всего)	180 / 5 з.е.
Аудиторная учебная нагрузка (всего), в том числе:	72 / 2 з.е.
лекции	18
практические занятия	36
семинары	18
Самостоятельная работа аспиранта (всего)	108 / 3з.е.
Вид итогового контроля по дисциплине	Зачет

7. Структура дисциплины по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов, видов учебных занятий, форм текущего контроля (приложение)

8. Содержание тем (разделов) дисциплины

Лекционные занятия

№	Тема занятия	Кол-во час.
1.	Симбиотические системы Развитие представлений о микробно-растительных взаимодействиях. Многообразии симбиотических взаимоотношений. Изменении представлений о симбиозе. Симбиоз как форма взаимодействия организмов, как адаптивная стратегия, как надорганизменная система. Соотношение понятий симбиоза, биоценоза и популяции. Роль симбиоза в эволюции. Симбиоз как стратегия формирования новых форм жизни и новых экосистем. Понятие коэволюции организмов в симбиотических системах. Альтруистические модели эволюции симбиоза. Экосистемное и биосферное значение симбиотических взаимодействий. Экологическая концепция симбиоза.	2

	Функции симбиозов в круговороте элементов в биосфере.	
2.	Ассоциативный симбиоз Ассоциативный симбиоз - многокомпонентная интегральная система. Структурно-функциональные особенности. Взаимоотношения компонентов. Роль микроорганизмов в жизни растений. Основные типы микроорганизмов, взаимодействующие с растениями. Основные типы микробно-растительных симбиозов (азотфиксирующие клубеньки, микоризы, эндофитные системы, ризосферные ассоциации). Прямое и не прямое взаимодействие микроорганизмов с растениями. Микробно-растительные симбиозы как эволюционный континуум.	2
3.	Ризосфера как система взаимодействующих компонентов Концепция ризосферы. Понятие и структура ризосферы. Эндо- и экторизосфера. Корневые экссудаты. Ассоциативные бактерии ризосферы (plantgrowthpromotingrhizobacteria (PGPR)). Механизмы положительного влияния ризобактерий на растения: прямая и опосредованная стимуляция роста растения. Ризосферный эффект. Регуляция структуры сообщества.	2
4.	Методические подходы к изучению микроорганизмов прикорневой зоны растения Дифференциация зон внутри ризосферы. Подготовка образцов. Выделение эндосферных микроорганизмов. Экспериментальные модели для выделения бактерий из ризосферы. Прямые методы исследования ризосферы. Классические микробиологические методы. Современные молекулярные методики идентификации. Экспериментальное моделирование микробно-растительных взаимодействий в ризосфере. Математическое моделирование динамики численности популяции ризосферных микроорганизмов. Индексы разнообразия.	2
5.	Растительно-эндофитный симбиоз. Бактерии. Разнообразие эндофитных бактерий. Эндофитные бактерии бобовых культур. Выделение и идентификация эндофитных бактерий. Экология эндофитных микроорганизмов. Функции эндофитных бактерий. Роль эндофитных бактерий. Пространственные нишиэндофитных бактерий. Критерии эндофитности. Способы проникновения в растение. Экологическая роль. Бобово-ризобиальная симбиотическая система.	2
6.	Растительно-эндофитный симбиоз. Грибы. Понятие эндофитных грибов. Разнообразиеэндофитных грибов. Эволюция эндофитных грибов. Эндофитный континуум. Пороговая модель заражения. Взаимодействие с хозяином. Функции эндофитных грибов. Роль в защите хозяина. Секретируемые метаболиты. «Темные септированныеэндофиты».	3
7.	Азотфиксирующие микробно-растительные системы Организация клубеньков и биохимия азотфиксации.Ассоциативные азотфиксаторы. Типы азотфиксирующих микробно-растительных систем: ризосферные, межклеточные и внутриклеточные симбиозы. Использование модельных бобовых в генетическом анализе симбиотических систем. Сопряжение фотосинтеза и азотфиксации в симбиотических системах. Структурно-функциональная организация генов нитрогеназы у свободноживущих и симбиотических азотфиксаторов. Особенности регуляции симбиотической азотфиксации.	2

8.	Микоризная ассоциация Виды микоризного взаимодействия. Метаболическая интеграция растений и грибов. Основные типы микориз. Эктомикориза, эндомикориза, эктэндомикориза, эрикоидная и арбускулярная микориза, микориза орхидных. Общая характеристика микориз. Концепция фитомикоценоза.	3
	Итого	18

Практические занятия

№	Тема занятия	Кол-во час.
1.	Симбиогенетика. Симбиоз как генетический феномен. Взаимодействия генов в системах симбиоза.	6
2.	Физиология симбиотических систем. Соотношение метаболических и экологических взаимодействий при симбиозе. Сигнальные взаимодействия в симбиозе.	6
3.	Генетика узнавания симбиотических партнеров. Природная изменчивость симбиотических генов растений. Рецепция микробных сигналов хозяевами.	6
4.	Системная регуляция - основа развития симбиоза. Приобретение новых метаболических функций и формирование межорганизменных биохимических путей в системах симбиоза. Энергетический баланс симбиотической системы.	6
5.	Молекулярно-генетические аспекты взаимодействий симбионтов в микоризной ассоциации. Роль сигнальных систем.	6
6.	Этапы формирования арбускулярной микоризы и эктомикоризы. Перенос питательных веществ. Система азотного и фосфорного обмена. Молекулярный диалог.	4
7.	Зачет	2
	Итого	36

Семинары

№	Тема занятия	Кол-во час.
1.	Становления функциональных отношений в системе «микроорганизмы-растение» в процессе эволюции.	2
2.	Растения, микоризные грибы и бактерии: сеть взаимодействий.	2
3.	Культура микориз in vitro.	2
4.	Молекулярно-микробная оценка биоразнообразия в микоризосфере.	2
5.	Корневая экссудация и ризосферные взаимодействия.	2
6.	Методологический подход к выделению и изучению штаммов микроорганизмов, ассоциативных с различными видами растений.	2
7.	Селекция ассоциативных штаммов ризобактерий с растениями различных видов.	2
8.	Роль ассоциативных симбиозов ризосферы в почвообразовании и круговороте питательных веществ.	2

9.	Вклад новых технологий в понимание ассоциативного симбиоза растений и грибов.	2
	Итого	18

9. Методические материалы для текущего контроля

Фонды оценочных средств

10. Методические материалы для оценивания итоговых результатов обучения по дисциплине. Вопросы к зачету:

1. Понятие об ассоциативном симбиозе.
2. Основные типы микробно-растительных симбиозов ризосферы.
3. Сигнальные взаимодействия в симбиозе.
4. Рецепция микробных сигналов хозяевами.
5. Системная регуляция симбиоза.
6. Структура ризосферы.
7. Механизмы влияния ризобактерий на растения.
8. Регуляция структуры сообщества ризосферы.
9. Растительно-эндофитный симбиоз: разнообразие бактерий и грибов, их функции и роль; критерии эндофитности.
10. Азотфиксирующие микробно-растительные системы: типы, организация, регуляция.
11. Виды микоризного взаимодействия, основные типы микориз, общая характеристика.
12. Арбускулярная микориза: этапы формирования, перенос питательных веществ.
13. Эктомикориза: этапы формирования, перенос питательных веществ.
14. Корневая экссудация: состав, регуляция.
15. Роль ассоциативного симбиоза ризосферы в педогенезе.

11. Учебная литература

Перечень основной литературы

1. Бухарин О. В., Лобакова Е. С., Немцева Н. В., Черкасов С. В. Ассоциативный симбиоз. –Екатеринбург, УРОРАН, 2007.–270 с.
2. Diversity and Biotechnology of Ectomycorrhizae. Soil Biology, Vol. 25. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-15196-5_3
3. In Vitro Culture of Mycorrhizas. Soil Biology, Vol. 4. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-27331-X_1
4. Mycorrhizosphere and Pedogenesis. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6480-8_3
5. Plant Microbe Symbiosis: Fundamentals and Advances. Springer, New Delhi. doi.org/10.1007/978-81-322-1287-4_1

Перечень дополнительной литературы

1. Артамонова М. Н., Потатуркина-Нестерова Н. И., Беззубенкова О. Е. Роль бактериальных симбионтов в растительно-микробных ассоциациях //Вестник Башкирского университета. 2014. Т. 19. №1
2. Ассоциативные микроорганизмы растений: выделение штаммов и их изучение: коллективная монография / Под редакцией Мельничук Т.Н., Якубовской А.И., Каменевой И.А. и др. – Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2021. – 180 с.
3. Афанасова Е.Н., Сорокин Н.Д. Влияние различных древесных видов на микробные комплексы ризосферы и их биологическую активность //Вестник КрасГАУ. 2012. №6.

4. Воронина Е.Ю. Микоризы в наземных экосистемах: экологические, физиологические и молекулярно-генетические аспекты микоризных симбиозов // Микология сегодня. Т. 1. Под ред. Дьякова Ю.Т., Сергеева Ю.В. М. Национальная академия микологии. 2007. С. 142-234.
5. Гарипова С. Р. Экологическая роль эндофитных бактерий в симбиозе с бобовыми растениями и их применение в растениеводстве // Успехи современной биологии, 2012, том 132, № 5, с. 493–505.
6. Еноктаева О.В., Николенко М.В. Симбиотические взаимоотношения доминантных и ассоциативных микроорганизмов и макроорганизма //Тюменский медицинский журнал. 2018. Т. 20, № 4.
7. Коптева Т. С. Ерина Н. В. К вопросу становления некоторых аспектов микробно-растительных взаимоотношений в процессе эволюции (обзорная статья) // Научный журнал КубГАУ. №110(06). 2015
8. Проворов Н. А., Онищук О. П. Эволюционно-генетические основы симбиотической инженерии растений: мини-обзор//Сельскохозяйственная биология, 2018, том 53, 3, с. 464-474.
9. Тихонович И. А., Проворов Н. А. Симбиогенетикамикробно-растительных взаимодействий // Экологическая генетика. Том 1. №10. 2003.
10. Феоктистова Н.В., Марданова А.М., Хадиева Г.Ф., Шарипова М.Р. Ризосферные бактерии// Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. 2016. Т. 158, кн. 2. С. 207–224
11. Широких А. А., Мерзаева О. В., Широких И. Г. Методические подходы к изучению микроорганизмов прикорневой зоны растений (обзор) //Сельскохозяйственная биология, 2007, 1.
12. Adeoyo O. R. A Review on Mycorrhizae and Related Endophytic Fungi as Potential Sources of Enzymes for the BioEconomy // Journal of Advances in Microbiology,2021, Vol. 21(8).P. 35-49,
13. Brundrett M.C. 2002. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants // New Phytol. Vol. 154. P. 275-304.
14. Brundrett M.C. 2004. Diversity and classification of mycorrhizal associations // Biol. Rev. Vol. 79. P. 473-495.
15. Dayakar V Badri, Tiffany L Weir, Daniel van der Lelie and Jorge M VivancoRhizosphere chemical dialogues: plant–microbe interactions // Current Opinion in Biotechnology, 2009, Vol. 20. P. 642–650.
16. DevrimCoskun, Dev T. Britto, Weiming Shi, and Herbert J. Kronzucker How Plant Root Exudates Shape the Nitrogen Cycle // Trends in Plant Science, August 2017, Vol. 22, No. 8 <http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2017.05.004>
17. Harsh P. Bais, Tiffany L. Weir, Laura G. Perry, Simon Gilroy, and Jorge M. VivancoThe Role of Root Exudates in Rhizosphere Interactions with Plants and Other Organisms // Annu. Rev. Plant Biol. 2006. Vol. 57. P. 233-266
18. Ina C. Meier, Adrien C. Finzi, Richard P. Phillips Root exudates increase N availability by stimulating microbial turnover of fast-cycling N pools // Soil Biology & Biochemistry 106 (2017)
19. Louise H. Comas, Hilary S. Callahan & Peter E. Midford Patterns in root traits of woody species hosting arbuscular and ectomycorrhizas: implications for the evolution of belowground strategies // Ecology and Evolution 2014; 4(15): P. 2979– 2990
20. LudovicHenneron, Paul Kardol, David A. Wardle, Camille Cros and Sebastien Fontaine Rhizosphere control of soil nitrogen cycling: a key component of plant economic strategies // New Phytologist (2020) 228: P. 1269–1282 doi: 10.1111/nph.16760
21. Lynch J.D. The rhizosphere. N.Y., 1990.

22. Pankaj Trivedi, Bruna D. Batista, Kathryn E. Bazany and Brajesh K. Singh Plant-microbiome interactions under a changing world: responses, consequences and perspectives // New Phytologist (2022) doi: 10.1111/nph.18016
23. Paola Bonfante and Iulia-AndraAnca Plants, Mycorrhizal Fungi, and Bacteria: A Network of Interactions // Annu. Rev. Microbiol. 2009. Vol. 63: P. 363-383.
24. Smith S.E., Read D.J. Mycorrhizal Symbiosis. Third Edition. NY. Academic Press. 2008. 787 p.
25. Zhihui Wen, Philip J. White, Jianbo Shen and Hans Lambers Linking root exudation to belowground economic traits for resource acquisition // New Phytologist (2022) 233: P. 1620-1635.doi: 10.1111/nph.17854

12. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Наименование ресурса и ссылка

Электронный ресурсы научной библиотеки КарНЦ РАН

[режим доступа: <http://library.krc.karelia.ru/>]

Электронная научная библиотека eLIBRARY.RU

[режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>]

Электронная юбиблиотека ОБН РАН

[режим доступа: <http://www.sevin.ru/library/>]

Библиотека по естественным наукам РАН

[режим доступа: <http://www.benran.ru/>]

Электронная научная библиотека WileyOnlineLibrary

[режим доступа: <http://onlinelibrary.wiley.com/>]

Электронная научная библиотека издательства Springer

[режим доступа: <http://www.springer.com/gp/>]

Электронная научная библиотека издательства Elsevier

[режим доступа: <http://www.elsevier.com/>]

Библиографическая и реферативная база данных Scopus

[режим доступа: <http://www.scopus.com/>]

Национальная библиотека Республики Карелия

[режим доступа: <http://library.karelia.ru/>]

13. Материально-техническое обеспечение

1) **Стереоскопический микроскоп МСП-2** предназначен для наблюдения мелких объектов в проходящем свете и выполнения разнообразных тонких работ. При помощи этого стереомикроскопа можно наблюдать прямое и объемное изображение рассматриваемых объектов.

2) **Микроскопы Olympus CX 41 с цифровой видеокамерой и программным обеспечением Micro-Cap V 2.0.** Предназначены для микроскопирования образцов, захвата изображений, подготовки баз данных с изображениями, а также морфометрического анализа компьютерных изображений в ручном режиме.

3) **Цифровые камеры Levenhuk C310 NG, C510 NG, C1400 NG с программным обеспечением TourView.** Предназначены для захвата изображений, фотографирования и проведения морфометрического анализа исследованных препаратов. Могут использоваться на МСП-2 и Olympus CX 41 в зависимости от размера объекта.

4) **Весы электронные ANDHL-100, ANDHL-400 и серии ScoutPro** с дискретностью 0,01-0,1 мг, возможностью работы от различных источников питания, компактные и удобные в транспортировке модели, для лабораторных измерений.

5) **Установка очистки и обеззараживания воздуха БОВ-001-АМС (ламинарный бокс)** предназначена для защиты оператора, продукта и окружающей среды при работе с микроорганизмами и патогенными агентами, передающимися воздушно-капельным путем; применяется для оснащения отдельных рабочих мест в лабораториях, работающих с биологическими агентами.

Полевое оборудование и снаряжение: холодильные и морозильные камеры для хранения материала, навигаторы, лодка надувная, укомплектованная лодочным мотором, палатки, противоэнцефалитные костюмы, гидрокостюм Aqualang, оборудование для лова рыбы, фотоаппараты с возможностью подводной съемки, электростанция бензиновая, мотокоса, бензопила, регистраторы температуры и относительной влажности, автоматические пипетки.

14. Перечень лицензионного программного обеспечения

1. Access 2010 Russian Open License Pack NoLevel Academic Edition – программа для работы с базами данных;
2. PowerPoint 2007 – программа для создания презентаций.
3. Программное обеспечение в комплекте с научным оборудованием.
4. MapInfo Professional – географическая информационная система (ГИС), предназначенная для сбора, хранения, отображения, редактирования и анализа пространственных данных;
5. Caterpillar-SSA 3.40 – анализ и прогнозирование временных рядов.
6. Программы Micro-Cap V 2.0, ToupView, Image-ProInsight 8.0. для морфометрического анализа различных объектов.

15. Критерии оценивания для итогового контроля по дисциплине

Результаты зачета оцениваются на «зачтено», «не зачтено» по следующим основаниям:

«Зачтено» ставится, если ответ построен логично, в соответствии с планом, показано знание универсальных, общепрофессиональных и профессиональных вопросов, терминов и понятий, установлены содержательные межпредметные связи, выдвигаемые положения обоснованы, приведены примеры, показан аналитический и комплексный подход к раскрытию материала, сделаны содержательные выводы, продемонстрировано знание основной и дополнительной литературы.

«Не зачтено» ставится, если ответ построен не логично, план ответа соблюдается непоследовательно, отвечающий не раскрыты профессиональные знания и умения. Научное обоснование вопросов подменено рассуждениями дилетантского характера. Ответ содержит ряд серьезных неточностей и грубых ошибок. Не обнаружен аналитический и комплексный подход к раскрытию материала, сделанные выводы поверхностны или неверны, не продемонстрировано знание основной и дополнительной литературы.