



**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
БОТАНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. В.Л. КОМАРОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

УТВЕРЖДЕНО

на заседании Ученого совета БИН РАН
протокол № 8 от «01» июня 2015

Директор БИН РАН,
д.б.н., проф.
В.Т.Ярмишко



**Рабочая программа дисциплины (Б1.В.ДВ.2.2)
«ЛИПИДЫ ГРИБОВ И РАСТЕНИЙ:
СТРУКТУРНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, МЕТАБОЛИЗМ, ФУНКЦИИ»**

по направлению подготовки кадров высшей квалификации –
программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

06.06.01 «Биологические науки»
профиль 03.02.12 - «Микология»

Санкт-Петербург

2015

Составитель рабочей программы:

Котлова Екатерина Робертовна, к.б.н., с.н.с. лаб. аналитической фитохимии БИН РАН.

ДИСЦИПЛИНА «Липиды грибов и растений: структурное разнообразие, метаболизм, функции»
Профиль: 03.02.12 – «Микология»

Цикл дисциплин (по учебному плану): Б1.В.ДВ.2.2

Курс: 2 курс

Трудоёмкость в ЗЕТ - 3

Трудоёмкость в часах - 108

ПРЕДИСЛОВИЕ

Рабочая программа дисциплины «Липиды грибов и растений: структурное разнообразие, метаболизм, функции» (Б1.В.ДВ.2.2) разработана на основе паспорта научной специальности 03.02.12 – «Микология» и составлена на основании Федеральных государственных образовательных стандартов основных образовательных программ высшего образования подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 06.06.01 Биологические науки, в соответствии с учебным планом подготовки аспирантов в БИН РАН и с Программой-минимум кандидатского экзамена по специальности 03.02.12 – «Микология».

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели изучения дисциплины «Липиды грибов и растений: структурное разнообразие, метаболизм, функции» - сформировать у студентов целостное представление о структурном разнообразии, путях метаболизма, способах транспорта, локализации и функциях липидов в клетках грибов и растений

Задачи дисциплины:

- дать общее представление о современных системах классификации липидов;
- рассмотреть особенности локализации липидов в клетках грибов и растений и обсудить причины, обуславливающие их распределение;
- сформировать целостное представление о процессе метаболизма основных классов запасных и структурных липидов (последовательность реакций, взаимосвязь различных путей синтеза, механизмы регуляции);
- рассмотреть универсальные и специфические реакции компенсаторного замещения липидов, обсудить регуляторную роль липидов;
- сформировать представление о спектре современных методов, применяемых для качественного и количественного анализа липидов;
- подготовить аспирантов к применению полученных знаний при осуществлении собственных исследований.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

2.1. Учебная дисциплина «Липиды грибов и растений» входит в вариативную часть ООП по направлению 06.06.01 Биологические науки, профиль 03.02.12 «Микология».

2.2. Для изучения данной дисциплины необходимы знания физиологии и биохимии растений, ботанике, микологии, биохимии, молекулярной биологии и биологической статистике, в объеме программы высшего профессионального образования.

2.3. Знания и навыки, полученные аспирантами при изучении данного курса, необходимы при подготовке к кандидатскому экзамену по специальности, а также при подготовке и написании научно-квалификационной диссертационной работы по специальности 03.02.12 «Микология».

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Липиды грибов и растений» направлено на формирование следующих компетенций в соответствии с ООП по направлению 06.06.01 Биологические науки, профили: 03.02.12 «Микология»

3.1. Универсальные компетенции:

3.2. Общепрофессиональные компетенции:

3.3. Профессиональные компетенции:

- готовность использовать полученные знания в области биологических наук, соответствующей избранному профилю обучения, для решения собственных исследовательских задач, включая постановку проблемы, формирование целей, выбора методов исследования и проведения анализа (ПК-2).

3.4. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны

знать:

- о структурном разнообразии, принципах компартиментализации, процессах метаболизма и функциях липидов;
- о месте липидных молекул в системе регуляции роста, развития и адаптогенеза грибов и растений

уметь:

- применять полученные в данном курсе знания в своей исследовательской работе.

владеть:

- навыком системного подхода к анализу процессов биосинтеза, транспорта и трансформации липидов;

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Приводимая ниже таблица показывает распределение бюджета учебного времени, отводимого на освоение основных разделов курса согласно учебному плану.

Форма обучения — очная, заочная, 2-й год аспирантуры; вид отчетности — зачёт

Вид учебной работы	Объем часов / зачетных единиц
Трудоемкость изучения дисциплины	108/ 3
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	18/0.5
в том числе:	
-лекции	18
-семинары	0
-практические занятия	0

Самостоятельная работа аспиранта (всего)	90/2.5
в том числе:	
-Подготовка к практическим занятиям	0
-Подготовка реферата	0
-Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку	90

4.2. Объем дисциплины и виды учебной работы (в часах и зачетных единицах)

№ п/п	Название раздела дисциплины	Объем часов / зачетных единиц	
		лекции	самостоят. работа
1	Общее представление о липидах грибов и растений.	4	8
2	Характеристика жирных кислот. Биосинтез и катаболизм жирных кислот.	2	12
3	Биосинтез фосфо- и бетаиновых липидов.	2	12
4	Биосинтез и функции гликолипидов в растительной клетке.	2	12
5	Структурное разнообразие, метаболизм и функции сфинголипидов.	1	12
6	Триглицериды. Стерины.	4	12
7	Транспорт липидов в растительной клетке.	1	12
8	Липидные сигнальные системы.	2	10
	ИТОГО:	18/0.5	90/2.5

4.3. Содержание лекционных занятий

Тема 1. Общее представление о липидах грибов и растений.

Определение (согласно М. Kates, В.Е. Васьковскому, W. Christie), основные функциональные группы липидов, локализация в клетках грибов и растений, липидные рафты. Представление о биологических функциях липидов. Две основные системы классификации. Характеристика основных информационных ресурсов, содержащих данные о структуре, метаболизме и функциях липидов.

Тема 2. Характеристика жирных кислот. Биосинтез и катаболизм жирных кислот.

Основные структурные закономерности природных ЖК (количество атомов углерода, количество и положение двойных связей, изомерия). Схематическое обозначение. Номенклатура. Классификация. Краткая характеристика основных природных насыщенные и ненасыщенные ЖК: особенности распределения у растений разных таксономических групп, положение в составе липидов, физиологические функции. Пути образования ацетил-СоА. Образование малонил-СоА

с участием ацетил-СоА-карбоксилазы. Строение ацетил-СоА-карбоксилазы (гомо- и гетеромерная формы). Многоступенчатый синтез ацильных цепей. Семейство кетоацилсинтаз. Десатурация ЖК. Ацил-белковые и ацил-липидные десатуразы. Элонгация ЖК. Окисление ЖК: β -окисление, α -окисление, особые случаи окисления жирных кислот (ненасыщенных, нечетных, с разветвленной цепью, дикарбоновых).

Тема 3. Биосинтез фосфо- и бетаиновых липидов.

Общее представление о внехлоропластном («эукариотическом») пути синтеза липидов: основные реакции, клеточная локализация, регуляция. Биосинтез и функциональная активность фосфатидной кислоты, диацилглицерина (ДАГ) и CDP-ДАГ. Структурное разнообразие, биосинтез и функции фосфатидилинозитов. Два основных пути биосинтеза фосфатидилэтаноламина (ФЭ) и фосфатидилхолина (ФХ): синтез *de novo* (реакции декарбоксилирования фосфатидилсерина и переметилирования ФЭ) и путь Кеннеди (образование ФЭ и ФХ с участием ДАГ). Особенности распределения ФХ и ФЭ в мембранах, их биологические функции. Общее представление о бетаиновых липидах: распределение среди основных систематических групп грибов и растений, синтез и биологические функции.

Тема 4. Биосинтез и функции гликолипидов в растительной клетке.

Общее представление о хлоропластном («прокариотическом») пути синтеза липидов: основные реакции, клеточная локализация, регуляция. Взаимодействие про- и эукариотического путей синтеза липидов. Структурное разнообразие и особенности локализации гликолипидов в клетках растений. Биосинтез моногалактозилдиацилглицеринов (МГДГ). Особенности локализации и активации семейства МГДГ синтаз. Биосинтез дигалактозилдиацилглицеринов (ДГДГ). Особенности локализации и активации ДГДГ синтаз. Биосинтез сульфохиновозилдиацилглицеринов.

Тема 5. Структурное разнообразие, метаболизм и функции сфинголипидов.

Структурное разнообразие, особенности распределения в клетках грибов и растений. Два основных пути синтеза комплексных сфинголипидов (образование фосфоинозитол-содержащих церамидов и моногексозилцерамидов). Функции сфинголипидов в клетках грибов и растений.

Тема 6. Триглицериды. Стерины.

Состав и локализация триглицеридов в растительных клетках. Биосинтез и распад триглицеридов. Связь метаболизма триглицеридов с основными этапами онтогенеза семенных растений. Структурное разнообразие и основные пути синтеза стеринов грибов и растений. Функции стеринов в растительной клетке. Участие стеринов в определении биофизических параметров мембраны.

Тема 7. Транспорт липидов в растительной клетке.

Диффузия. Flip-flop перемещения. Везикулярный транспорт. Транспорт через зоны мембранных контактов. Транспорт через плазмодесмы.

Тема 8. Липидные сигнальные системы.

Фосфатидатная сигнальная система – фосфатидная кислота (ФК) и фосфолипаза D. Эндоканнабиноиды (N-ацил-этанолламин, N-ацил-ФЭ). Фосфоинозитидная сигнальная система – диацилглицерин (ДАГ), ДАГ-киназа и фосфолипаза C. Лизо-фосфолипиды, свободные ЖК и фосфолипаза A. Неспецифичные ацил-гидролазы. Липоксигеназная сигнальная система. Сфинголипид-зависимая сигнальная система.

4.3.1. Практические занятия.

-

4.4. Самостоятельная работа аспиранта.

Тема 2. Характеристика жирных кислот. Биосинтез и катаболизм жирных кислот.

Физико-химические свойства жирных кислот: изомерия, температура плавления, растворимость, важнейшие химические реакции.

Тема 3. Биосинтез фосфо- и бетаиновых липидов.

Биосинтез и функции фосфатидилглицерина и кардиолипина.

Тема 5. Структурное разнообразие, метаболизм и функции сфинголипидов.

Основные реакции катаболизма сфинголипидов.

Тема 6. Триглицериды. Стерины.

Генные биотехнологии производства.

4.5. Тематика рефератов

Не предусмотрены.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.

В процессе изучения дисциплины, как лектором, так и обучающимися используется метод проблемного изложения материала, самостоятельное чтение аспирантами учебной, учебно-методической и справочной литературы, анализ информационных ресурсов в научных библиотеках и сети Internet по актуальным проблемам номенклатуры растений и грибов и последующие свободные дискуссии по освоенному ими материалу. Лекции обязательно сопровождаются показом визуального материала.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Технология процесса обучения аспирантов включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- аудиторные занятия (лекции, практические занятия);
- самостоятельная работа аспирантов;
- контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончании: ... зачет в 3-ем семестре.

В процессе изучения дисциплины, как лектором, так и обучающимися используется метод проблемного изложения материала, самостоятельное чтение аспирантами учебной, учебно-методической и справочной литературы, анализ информационных ресурсов в научных библиотеках и сети Internet по актуальным проблемам и последующие свободные дискуссии по освоенному ими материалу.

Аудиторные занятия проводятся с использованием информационно-телекоммуникационных технологий: учебный материал представлен также в виде мультимедийных презентаций. Презентации позволяют четко структурировать материал занятия.

Самостоятельная работа аспирантов организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- поиск научной информации в открытых источниках с целью ее анализа и выявления ключевых особенностей исследуемых явлений;
- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы, постановка которых отвечает целям освоения дисциплины;
- решение проблемных задач стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

6.1. Текущий контроль

Осуществляется в ходе собеседования с аспирантами на семинарских занятиях.

6.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация включает зачет в 3 семестре. Зачет проводится в форме собеседования.

Перечень примерных вопросов к зачету:

1. Общая характеристика липидов. Основные функциональные группы липидов, локализация в клетках грибов и растений, липидные рафты.
2. Общее представление о биологических функциях липидов.
3. Две основные системы классификации липидов.
4. Классификация жирных кислот. Основные природные насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты. Физические и химические свойства жирных кислот.
5. Начальные этапы биосинтеза жирных кислот. Образование малонил-СоА с участием ацетил-СоА-карбоксилазы. Строение ацетил-СоА-карбоксилазы (гомо- и гетеромерная формы).
6. Многоступенчатый синтез ацильных цепей жирных кислот. Семейство кетоацилсинтаз.
7. Десатурация жирных кислот. Ацил-АПБ- и ацил-липидные десатуразы. Элонгация жирных кислот.
8. Общее представление о внехлоропластном («эукариотическом») пути синтеза липидов: основные реакции, клеточная локализация, регуляция.
9. Биосинтез и функции фосфатидной кислоты, фосфатидилинозитов, фосфатидилглицерина и кардиолипина.
10. Два основных пути биосинтеза фосфатидилэтаноламина (ФЭ) и фосфатидилхолина (ФХ): синтез de novo (реакции декарбоксилирования фосфатидилсерина (ФС) и переметилирования ФЭ) и путь Кеннеди (образование ФЭ и ФХ с участием ДАГ). Особенности распределения ФС, ФЭ и ФХ в мембранах, их биологические функции.
11. Общее представление о бетаиновых липидах. Распределение среди основных систематических групп грибов и растений. Синтез и биологические функции.
12. Общее представление о хлоропластном («прокариотическом») пути синтеза липидов: основные реакции, клеточная локализация, регуляция.
13. Структурное разнообразие и особенности локализации гликолипидов в клетках растений.
14. Биосинтез моно- (МГДГ) и дигалактозилдиацилглицеринов (ДГДГ). Особенности локализации и активации МГДГ и ДГДГ синтаз. Биосинтез сульфохиновозилдиацилглицеринов.
15. Структурное разнообразие и особенности распределения сфинголипидов в клетках грибов и растений. Функции сфинголипидов.
16. Два основных пути синтеза сфинголипидов (образование фосфоинозитол-содержащих церамидов и моногексозилцерамидов).
17. Структурное разнообразие и основные пути синтеза стерина. Отличия в составе стерина у растений, грибов и животных. Функции стерина в растительной клетке. Участие стерина в определении биофизических параметров мембраны.
18. Состав и локализация триглицеридов в растительных клетках. Биосинтез и распад триглицеридов. Связь метаболизма триглицеридов с основными этапами онтогенеза семенных растений. Генные биотехнологии производства.
19. Общее представление о транспорте липидов в растительной клетке. Диффузия. Flip-flop перемещения.
20. Транспорт липидов через зоны мембранных контактов. Везикулярный транспорт. Транспорт через плазмодесмы.

21. Фосфатидатная сигнальная система – фосфатидная кислота (ФК) и фосфолипаза D. 19. Эндоканнабиноиды (N-ацил-этаноламин, N-ацил-ФЭ).
19. Фосфоинозитидная сигнальная система – диацилглицерин (ДАГ), ДАГ-киназа и фосфолипаза C.
22. Лизо-фосфолипиды, свободные ЖК и фосфолипаза A. Неспецифичные ацил-гидролазы.
23. Липоксигеназная сигнальная система.
24. Сфинголипид-зависимая сигнальная система

6.3. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

6.3.1. Критерии оценивания для зачета

Оценка «Зачтено». Систематическое посещение занятий в течение учебного года. Наличие глубоких исчерпывающих знаний (в объеме утвержденной программы дисциплины в соответствии с поставленными программой курса целями и задачами обучения); грамотное и логически стройное изложение материала, усвоение основной и знакомство с дополнительной литературой.

Оценка «Не зачтено». Пропущено значительное количество занятий без уважительной причины. Наличие недостаточно полных знаний (в объеме утвержденной программы), изложение материала с отдельными ошибками, не правильные в целом действия по применению знаний на практике.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Основная литература

1. Лось Д.А. Десатуразы жирных кислот. 2014. 359с. https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_1920066
2. Тарчевский И.А. Сигнальные системы клеток растений. М.: Наука. 2002. 294 с.
3. Boudière L., Michaud M., Petroustos D., Rébeillé F., Falconet D., Bastien O., Roy S., Finazzi G., Rolland N., Jouhet J1, Block M.A., Maréchal E. Glycerolipids in photosynthesis: composition, synthesis and trafficking // *Biochim. Biophys. Acta*. 2014. V. 1837. P. 470-480.
4. Benning C., Ohta H. Three enzyme systems for galactoglycerolipid biosynthesis are coordinately regulated in plants // *J. Biol. Chem*. 2005. V. 280. N. 4. P. 2397–2400.
5. Dyer J.M., Stymne S., Green A.G., Carlsson A.S. High-value oils from plants // *Plant J*. 2008. V. 54. P. 640-655.
6. Fahy E., Subramaniam S., Brown H.A. et al. A comprehensive classification system for lipids // *J. Lipid Res*. 2005. V. 46 P. 839-861.
7. Munnik T. Phosphatidic acid: an emerging plant lipid second messenger // *Trends in Plant Science*. 2001. V. 6. P. 227-233.
8. Ohlrogge J., Browse J. Lipid biosynthesis // *Plant Cell*. 1995. V. 7. P. 957-970.
9. *Lipid-Mediated Signaling* / Murphy E.J., Rosenberger T.A. (Eds.). CRC Press. 2010. 443 p.

7.2. Дополнительная литература

1. Balsinde J.m Winstead M.V., Dennis E.A. Phospholipase A₂ regulation of arachidonic acid mobilization // *FEBS Letters*. 2002. V. 531. P. 2-6.
2. Lopez-Lara I.M., Sohlenkamp C., Geiger O. Membrane lipids in plant-associated bacteria: their biosyntheses and possible functions // *Mol. Plant-Microbe Interact*. 2003. V. 16. P. 567-579.
3. Millar A.A., Smith M.A., Kunst L. All fatty acids are not equal: discrimination in plant membrane lipids // *Trends in Plant Science*. 2000. V. 5. P. 95-101.
4. Porta H., Rocha-SosaM. Plant lipoxygenases. Physiological and molecular features // *Plant Physiol*. 2002. V. 130. P. 15-21.
5. Sasaki Yu., Nagano Yu. Plant acetyl-CoA carboxylase: structure, biosynthesis, regulation and gene manipulation for plant breeding // *Biosci. Biotechnol. Biochem*. 2004. V. 68. P. 1175-1184.

Рекомендуются для дополнительного изучения обзорные и экспериментальные статьи в журналах «Физиология растений», «Биохимия», «Nature», «Lipids», «Progress in Lipid Research» и др.

7.3. Учебно-методические материалы по дисциплине

1. Физиология и биохимия растений: Программы-минимум кандидатских экзаменов / Одобрено экспертным советом ВАК Министерства образования РФ по биологическим наукам; Утверждено приказом Министерства образования и науки РФ № 274 от 08.10.2007 г. М.: Изд-во «Икар», 2004.

7.4. Интернет-ресурсы

№	Ссылка на интернет-ресурс	Компания-производитель
	http://www.ncbi.nlm.nih.gov	БД и ресурсы Национального центра биотехнологической информации США
	http://www.ebi.ac.uk/embl/	БД Европейского института биоинформатики Европейской лаборатории молекулярной биологии
	http://www.viniti.ru/	Реферативный журнал ВИНТИ «Биология»
	http://uisrussia.msu.ru/	Университетская информационная система Россия
	http://www.rsl.ru/	Российская государственная библиотека
	http://www.scopus.com/	SciVerse Scopus
	http://www.elibrary.ru	Научная электронная библиотека РФФИ (Elibrary)
	http://isiwebofknowledge.com/ http://webofknowledge.com/	Thomson Reuters / Web of Knowledge
	http://www.lipidmaps.org	LIPID MAPS® Lipidomics Gateway
	http://lipidbank.jp	The official database of Japanese Conference on the Biochemistry of Lipids (JCBL)
	http://www.lipidlibrary.co.uk	

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения обучения имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам:

- помещения для проведения занятий, оборудованные комплектом мебели;
- комплект проекционного мультимедийного оборудования;
- компьютеры с доступом к сети Интернет, оснащенные операционной системой Windows и пакетом программ Microsoft Office;
- библиотека с информационными ресурсами на бумажных и электронных носителях;
- офисная оргтехника.