

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИБ КарНЦ РАН)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИБ КарНЦ РАН
член-корр. РАН
 Н.Н. Немова
«18» сентября 2014 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Фотосинтез. Методы исследования фотосинтеза»

для обучающихся по Основной образовательной программе высшего образования –
программе подготовки кадров высшей квалификации по направлению
06.06.01 Биологические науки, направленность «Физиология и биохимия растений»

Принято Ученым советом ИБ КарНЦ РАН 18.09.2014 г. протокол № 5.

Рабочая программа по дисциплине «Фотосинтез. Методы исследования фотосинтеза» разработана в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного Приказом Минобрнауки РФ от 30 июля 2014 г. № 871 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 06.06.01 Биологические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации)». Принята на Ученом совете ИБ КарНЦ РАН 18.09.2014 г. протокол № 5.

Разработчики программы:

Заместитель директора по научной работе
ИБ КарНЦ РАН, руководитель Отдела
аспирантуры, к.б.н.



О.В. Мещерякова

Главный научный сотрудник
лаборатории экологической
физиологии растений ИБ КарНЦ РАН
чл.-корр. РАН, профессор, д.б.н.



А.Ф. Титов

Главный научный сотрудник
лаборатории экологической
физиологии растений ИБ КарНЦ РАН
д.б.н., с.н.с.



В.В. Таланова

Старший научный сотрудник
лаборатории экологической
физиологии растений ИБ КарНЦ РАН
к.б.н.



Н.М. Казнина

Пояснительная записка

Фотосинтез – уникальный процесс в биосфере Земли, являющийся источником органического вещества и энергии для абсолютного большинства живых организмов. Его исследование является традиционным для физиологии и биохимии растений, однако, и в наши дни этот процесс также в центре внимания ученых. Ведутся активные исследования систем разного уровня, осуществляющих фотосинтез. Вместе с тем растет популярность исследований фотосинтеза в глобальных масштабах в связи с исключительной ролью этого процесса в экосистемах и биосфере в целом. Современная наука о фотосинтезе – это сложный комплекс научных знаний об этом процессе, изучающих его во всех проявлениях.

Освоение дисциплины «Фотосинтез» базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных аспирантами при изучении различных дисциплин, таких как ботаника, цитология, физиология растений, молекулярная биология, биохимия, физико-химическая биология, экология, цитология, биофизика.

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – формирование современных представлений о механизмах процесса фотосинтеза во всех проявлениях от молекулярного до биосферного масштабов.

Задачей преподавания данной дисциплины является формирование у аспирантов представлений о роли фотосинтеза в биосфере Земли, его значении в экосистемах и для растения; ознакомление с теоретическими основами функционирования фотосинтетических систем от молекул до биосферы, механизмами фотофизических, фотохимических и биохимических процессов и их регуляции, сформировать представления о прикладном значении знаний о фотосинтезе.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина относится к вариативным элективным дисциплинам Блока 1, является обязательной по выбору аспиранта (код дисциплины: Б1.В.ЭД1.)

3. Требования к уровню подготовки аспиранта, завершившего изучение данной дисциплины

Аспиранты, завершившие изучение данной дисциплины, должны:

– **знать:**

- фотофизические, фотохимические и биохимические процессы фотосинтеза;
- механизмы регулирования фотосинтеза эндогенными и экзогенными факторами;
- пути использования знаний о закономерностях фотосинтеза для разработки современных технологий производства продукции растениеводства и программирования урожая.

– **уметь:**

- ориентироваться в проблемах, связанных с исследованиями процессов фотосинтеза;
- использовать методы теоретического и экспериментального исследования для изучения различных аспектов фотосинтеза;
- использовать новейшие достижения в исследовании фотосинтеза для формулирования и решения практических задач.

– **владеть:**

- современными методами исследований фотосинтеза, навыками постановки и решения исследовательских задач.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часов), в т.ч.:

Вид учебной работы	Объем часов / зачетных единиц
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	90/2.5
в том числе:	
Лекции	36/1
практические занятия	36/1
Семинары	18/0,5
Самостоятельная работа аспиранта (всего)	90/2.5
в том числе:	
Подготовка к семинарам и устным опросам	54/1,5
Подготовка к контрольным работам и реферат	36/1
Всего	180/5
Вид контроля по дисциплине	Зачет

5. Содержание дисциплины:

5.2 Наименование и содержание тем лекционных занятий:

№ п/п	Наименование тем лекционных занятий и их содержание	Кол-во час.
1.	Фотосинтез как основа биоэнергетики. Значение фотосинтеза в трансформации вещества и энергии в природе. Физико-химическая сущность процесса фотосинтеза и его значение в энергетическом и пластическом обмене растения. Лист как специализированный орган фотосинтеза. Структурно-функциональная организация фотосинтетического аппарата. Основные показатели мезоструктуры листа.	4
2.	Пигменты хлоропластов. Элементы структуры молекулы хлорофилла, ответственные за функцию поглощения и преобразования энергии в процессе фотосинтеза. Механизм поглощения и испускания света молекулой; спектры поглощения. Электронно-возбужденные состояния хлорофиллов, пути их дезактивации. Преобразования электромагнитной энергии в редокс-энергию; обратимые окислительно-	6

	<p>восстановительные превращения хлорофиллов.</p> <p>Хлорофилл-белковые комплексы; механизмы образования, значение связи пигментов с белком. Механизмы энергетического взаимодействия пигментов в комплексах.</p> <p>Роль каротиноидов в фотосинтезе. Антенная функция, возбужденные состояния каротиноидов, механизмы миграции энергии на хлорофилл. Механизм защитного действия каротиноидов. Функции каротиноидов в реакционном центре. Значение ксантофилловых циклов, фотопротекторная функция каротиноидов..</p>	
3	<p>Первичные процессы фотосинтеза.</p> <p>Структурно-функциональная организация реакционных центров. Представление о фотосинтетической единице. Антенный комплекс, реакционный центр. Механизмы миграции энергии в хлоропластах. Современные модели структурной организации реакционных центров бактерий и высших растений. Механизм преобразования электромагнитной энергии в энергию разделенных зарядов в фотохимических центрах.</p>	4
4	<p>Электрон-транспортная цепь фотосинтеза.</p> <p>Представления о совместном функционировании двух фотосистем. Компоненты ЭТЦ и последовательность переноса электрона по цепи (Z-схема). Циклический, нециклический и псевдоциклический электронный транспорт. Пространственная организация ЭТЦ в тилакоидной мембране: основные функциональные комплексы ЭТЦ (ФС I, ФС II), их структура и функции. Строение и функции ФС II. Организация в тилакоидной мембране и функционирование реакционного центра ФС II. Система фотолиза воды и образования кислорода при фотосинтезе. Строение и функции ФС I. Образование трансмембранного протонного градиента в процессе электронного транспорта. Структура и функции цитохром b_6/f комплекса, Q - цикл. Регуляция потоков электронов при фотосинтезе. Фотосинтетический контроль. Локализация ЭТЦ комплексов в гранальных и стромальных мембранах тилакоидов. Системы регуляции циклического и нециклического электронного транспорта. Образование при фотосинтезе активных форм кислорода. Процессы фотоингибирования и фотодеструкции; защитные механизмы хлоропластов.</p>	6
5.	<p>Фотоэнергетические реакции хлоропластов.</p> <p>Фотосинтетическое фосфорилирование. Основные типы, их физиологическое значение, механизмы регуляции. Механизмы энергетического сопряжения транспорта электронов и синтеза АТФ. Сопрягающие факторы фотофосфорилирования, их функции, структура, механизм действия. Механизм работы каталитических центров CF_I.</p> <p>Регуляция потоков электронов при фотосинтезе. Фотосинтетический контроль. Локализация комплексов ЭТЦ в гранальных и стромальных мембранах тилакоидов. Система регуляции циклического и нециклического электронного транспорта. Конечные продукты световой и темновой фазы фотосинтеза.</p>	4
6.	<p>Химизм процессов ассимиляции углерода в фотосинтезе.</p>	4

	Использование продуктов световой стадии для ассимиляции углекислоты. Рубиско: содержание фермента, структура, функции, регуляция. Цикл Кальвина, основные ферменты и механизмы регуляции цикла. Фотодыхание. ФЭП- карбоксилаза, ее характеристика и локализация. Цикл Хэтча-Слека-Карпилова, его функциональное значение. Организация процесса ассимиляции в клетках мезофилла и обкладки: особенности строения хлоропластов и реакций фотосинтеза. Обмен соединениями между мезофильными клетками и клетками обкладки. Характеристика групп C ₄ растений. Фотосинтез у САМ-растений: особенности организации процесса запасания энергии и фиксации углекислоты во времени.	
7.	Транспорт продуктов фотосинтеза из хлоропласта. Механизмы, контролирующие обмен метаболитами между хлоропластами и цитоплазматической фазой клетки. Превращения Сахаров в цитоплазме и цитозоле; запасные и транспортные формы Сахаров. Включение углерода в аминокислоты. Ассимиляция углекислоты в листе.	4
8.	Экология фотосинтеза. Действие внешних факторов (интенсивность и качество света, фотопериод, концентрация CO ₂ , O ₂ , температура и др.) на фотосинтез. Различие в кривых зависимости скорости ассимиляции от концентрации CO ₂ и O ₂ в газовой среде у С-3 и С-4 растений. Квантовый выход фотосинтеза. Транспорт CO ₂ к местам фиксации, роль карбоангидразы. Устьичная и клеточная проводимость для CO ₂ в зависимости от внешних факторов и возраста листа.	4
Итого часов/зачетных единиц		36/1

5.2 Содержание практических занятий:

№ п/п	Наименование тем практических занятий	Кол-во час.
1.	Ознакомление с методами постановки экспериментов по изучению процессов фотосинтеза в камерах искусственного климата.	6
2.	Изучение содержания фотосинтетических пигментов (хлорофиллов, каротиноидов) спектрофотометрическим методом.	6
3.	Использование современных физиологических методов для исследования фотосинтеза а) анализ функциональной активности фотосинтетического аппарата по изменению флуоресценции хлорофилла; б) анализ интенсивности фотосинтеза по изменению поглощения углекислого газа растениями.	10
4.	Использование изучения изменений устьичного аппарата листьев растений для исследования фотосинтеза: а) изучение изменений устьичной проводимости; в) изучение состояния устьичного аппарата цитологическим методом.	4
5.	Использование методов оценки устойчивости растений к действию низких и высоких температур для исследования их влияния на	4

	процессы фотосинтеза: а) оценка устойчивости клеток листьев к краткосрочному тестирующему промораживанию или прогреву; б) анализ проницаемости мембран клеток листьев по выходу электролитов кондуктометрическим методом.	
6.	Использование методов ПЦР в исследовании фотосинтеза: изучение экспрессии генов, кодирующих белки хлоропласта, методом ПЦР в режиме реального времени.	6
Итого часов/зачетных единиц		36/1

5.3 Содержание семинарских занятий:

№ п/п	Наименование тем семинарских занятий	Кол-во час.
1.	Структурная и биохимическая организация фотосинтетического аппарата.	4
2.	Мезоструктура фотосинтетического аппарата, особенности мезоструктуры растений разных экологических групп.	2
3.	Фотозенергетические реакции хлоропластов.	2
4.	Метаболизм углерода при фотосинтезе. С ₃ - путь фотосинтеза (цикл Кальвина).	2
5.	Адаптивные типы метаболизма углерода при фотосинтезе: С ₄ - и САМ пути фотосинтеза .	2
6.	Сходство и различия фотосинтетического и дыхательного метаболизма.	2
7.	Влияние неблагоприятных факторов среды на процессы фотосинтеза.	2
8.	Эволюция фотосинтеза: эволюция пластид, пигментных систем, биоэнергетических систем, фотосинтетического метаболизма.	2
Итого часов/зачетных единиц		18/0,5

6. Самостоятельная работа аспиранта

№ п/п	Вид и наименование тем самостоятельной работы	Кол-во час.
1.	Подготовка к контрольной работе на тему: «Космическая роль зеленого растения в трансформации веществ и энергии»	6
2.	Подготовка к семинару-дискуссии на тему: «Структурная и биохимическая организация фотосинтетического аппарата»	10
3.	Подготовка к семинару-дискуссии на тему: «Мезоструктура фотосинтетического аппарата, особенности мезоструктуры растений разных экологических групп»	8
4.	Подготовка к семинару-конференции на тему: «Фотозенергетические реакции хлоропластов»	10

5.	Подготовка к семинару-дискуссии на тему: «Метаболизм углерода при фотосинтезе. С ₃ - путь фотосинтеза (цикл Кальвина)»	8
6.	Подготовка к контрольной работе на тему: «Фотосинтез как основа продуктивности растений»	10
7.	Подготовка к семинару-конференции на тему: «Адаптивные типы метаболизма углерода при фотосинтезе: С ₄ - и САМ пути фотосинтеза»	6
8.	Подготовка к семинару-конференции на тему: «Сходство и различия фотосинтетического и дыхательного метаболизма»	4
9.	Подготовка к семинару-дискуссии на тему: «Эволюция фотосинтеза: эволюция пластид, пигментных систем, биоэнергетических систем, фотосинтетического метаболизма»	8
10.	Подготовка к контрольной работе на тему: «Влияние неблагоприятных факторов среды на процессы фотосинтеза»	12
11.	Подготовка реферата на тему: «Современные методы исследования фотосинтеза»	8
Итого часов/зачетных единиц		90/2.5

Примечание. Аспиранты могут сами предлагать темы рефератов касающихся эколого-биохимических и физиологических аспектов темы их исследовательской работы.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Большой практикум по фотосинтезу. М.: Академия, 2003. 241 с.
2. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных растений: учебник. М.: Дрофа. 2010. 638 с.
3. Кузнецов Вл.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. Учебник для вузов. М.: Высшая школа. Изд. 2-е. 2006. 742 с.
4. Лархер В. Экология растений. М.: Мир, 1978. 384 с.
5. Мокроносков А.Т., Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Фотосинтез. Физиолого-экологические и биохимические аспекты. М.: Академия, 2006. 446 с.
6. Практикум по физиологии растений / Под ред. Н.Н. Третьякова. М.: Агропромиздат, 2003. 288 с.
7. Табаленкова Г.Н., Головкин Т.К. Продукционный процесс культурных растений в условиях холодного климата. – СПб.: Наука, 2010. 231 с.
8. Усманов И.Ю., Рахманкулова З.Ф., Кулагин А.Ю. Экологическая физиология растений. М.: Логос. 2001. 224 с.
9. Эдвардс Дж., Уокер Д. Фотосинтез С₃- и С₄- растений: механизмы и регуляция. М.: Мир, 1986. 590 с.

Дополнительная литература:

1. Березина Н.А., Афанасьева Н.Б. Экология растений: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 400 с.
2. Дроздов С.Н., Курец В.К. Некоторые аспекты экологической физиологии растений. Петрозаводск, изд-во ПетрГУ, 2003. 172 с.
3. Силаева А.М. Структура хлоропластов и факторы среды. Киев: Наукова думка, 1978. 204 с.
4. Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М., Лайдинен Г.Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 172 с.

5. Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М. Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам: учебное пособие. Петрозаводск: КарНЦ РАН. 2011. 77 с.
6. Удовенко Г.В., Гончарова Э.А. Влияние экстремальных условий на структуру урожая сельскохозяйственных растений. Л.: Гидроиздат. 1982. 144 с.
7. Хочачка П., Сомеро Дж. Стратегия биохимической адаптации. М.: Мир, 1977. 400 с.

Лицензионное программное обеспечение

Access 2010 Russian Open License Pack NoLevel Academic Edition – программа для работы с базами данных.

8. Вопросы к зачету по дисциплине “Экологическая физиология растений”

1. Значение фотосинтеза в трансформации вещества и энергии в природе.
2. Физико-химическая сущность процесса фотосинтеза и его значение в энергетическом и пластическом обмене растения.
3. Лист как специализированный орган фотосинтеза. Структурно-функциональная организация фотосинтетического аппарата.
4. Биогенез хлоропластов.
5. Хлорофиллы. Структура молекулы хлорофилла. Поглощение, запасание и миграция энергии.
6. Фикобилинпротеины.
7. Каротиноиды, их антенная, защитная, фотопротекторная функция.
8. Пигмент-белковые комплексы. Фотосистема I. Фотосистема II.
9. Структурно-функциональная организация реакционных центров.
10. Преобразование энергии и окислительно-восстановительные процессы в реакционных центрах.
11. Компоненты электрон-транспортной цепи и последовательность переноса электронов по цепи (Z-схема).
12. Циклический и нециклический транспорт электронов.
13. Строение и функции ФС II. Фотолиз воды и выделение кислорода.
14. Строение и функции ФС I. Образование трансмембранного протонного градиента в процессе электронного транспорта.
15. Процессы фотоингибирования и фотодеструкции.
16. Циклическое, псевдоциклическое, нециклическое фотофосфорилирование.
17. Механизмы фотофосфорилирования.
18. Организация и работы фотосинтетической АТФ-синтетазы.
19. Квантовый выход и квантовый расход фотосинтеза.
20. С₃-путь фотосинтеза (цикл Кальвина), ферменты и механизмы регуляции цикла.
21. Фотодыхание. Гликолатный путь фотосинтеза.
22. С₄-путь фотосинтеза (цикл Хэтча-Слэка-Карпилова).
23. САМ-фотосинтез.
24. Механизмы обмена метаболитами между хлоропластами и цитоплазмой.
25. Превращения сахаров в цитоплазме; запасные и транспортные формы сахаров.
26. Включение углерода в аминокислоты.
27. Влияние на фотосинтез интенсивности и спектрального состава света.
28. Влияние на фотосинтез концентрации углекислого газа.
29. Влияние температуры на фотосинтез.
30. Влияние водного режима на фотосинтез.