




ПРИЛОЖЕНИЕ 6 к ООП ВО
**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
БОТАНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ.В.Л.КОМАРОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

УТВЕРЖДЕНО

на заседании Ученого совета БИН РАН
протокол № 7 от 13 мая 2019 года

Директор БИН РАН,

д.б.н.,


Д.В. Гельтман



Рабочая программа дисциплины (Б1.В.ОД.1)

«ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ»

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

06.06.01 Биологические науки

профиль 03.01.05 Физиология и биохимия растений

Санкт-Петербург

2019

Составитель рабочей программы:

*Войцеховская Ольга Владимировна., к.б.н., вед.н.с. с возложением обязанностей
рук. лаб. молекулярной и экологической физиологии БИН РАН*

ДИСЦИПЛИНА «Физиология и биохимия растений»

Профиль 03.01.05 Физиология и биохимия растений

Цикл дисциплин (по учебному плану): Б.В.ОД.1

Курс: 1, 3 курс

Трудоёмкость в ЗЕТ - 6

Трудоёмкость в часах - 216

ПРЕДИСЛОВИЕ

Рабочая программа дисциплины «Физиология и биохимия растений» (Б1.В.ОД.1) разработана 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 профиль 03.01.05 Физиология и биохимия растений, профессиональными стандартами и паспортом научной специальности 03.01.05 - «Физиология и биохимия растений».

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели изучения дисциплины «Физиология и биохимия растений»

- углубить знания аспирантов об основных процессах, обеспечивающих жизнедеятельность растений и их взаимодействие со средой обитания, о взаимосвязи структурной и функциональной организации растений;
- дать обзор о спектре научных проблем современной физиологии и биохимии растений и о современных методах их решения.

Задачи дисциплины:

- углубить и систематизировать фундаментальные знания аспирантов в основных областях физиологии и биохимии растений с учетом новейших данных научных исследований;
- сформировать у аспирантов представление об основных научных проблемах и дискуссионных вопросах современной физиологии и биохимии растений;
- сформировать у аспирантов представление о спектре современных методов, включая молекулярно-генетические, физиолого-биохимические и цитологические методы, применяемых для решения задач современной физиологии и биохимии растений, и знание конкретных примеров их применения;
- подготовить аспирантов к применению полученных знаний при осуществлении собственных исследований в области физиологии и биохимии

растений.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Учебная дисциплина «Физиология и биохимия растений» входит в вариативную часть (обязательные дисциплины) ООП подготовки аспирантов по направлению 06.06.01 Биологические науки, профиль 03.01.05 Физиология и биохимия растений.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания по физиологии и биохимии растений, общей ботанике, биохимии, молекулярной биологии в объеме программы высшего образования.

Знания и навыки, полученные аспирантами при изучении данного курса, необходимы при подготовке к сдаче кандидатского экзамена и написании научно-квалификационной диссертационной работы.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Физиология и биохимия растений» направлено на формирование следующих компетенций в соответствии с ООП по направлению 06.06.01 Биологические науки, профиль 03.01.05 Физиология и биохимия растений:

3.1. Универсальные компетенции:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1),
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3).

3.2. Общепрофессиональные компетенции:

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

3.3. Профессиональные компетенции:

- способность применять и адаптировать знания о биологическом разнообразии растительных организмов, их взаимоотношениях на молекулярном, клеточном, организменном и ценоотическом уровнях в узкопрофессиональной и междисциплинарной деятельности (ПК-1);
- 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 анализ (ПК-2).

**По окончании изучения дисциплины аспиранты должны:
знать:**

- об основных процессах жизнедеятельности растительных организмов на молекулярном, клеточном, организменном и ценоотическом уровнях, и о принципах регуляции этих процессов;
- о современных методах исследований.

уметь:

- самостоятельно приобретать новые знания и формировать суждения по научным проблемам современной физиологии и биохимии растений, используя современные образовательные и информационные технологии;
- применять полученные представления о диапазоне возможностей современных методов исследований, используемых для решения задач физиологии и биохимии растений, при разработке стратегий решения собственных исследовательских задач.

владеть:

- навыком доступно и логично излагать полученные знания (в ходе беседы, дискуссии, опроса, экзамена и т.п.);
- навыком использования современных образовательных и информационных технологий.

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, 1й и 3ий года аспирантуры; виды отчетности —зачёт, зачёт с оценкой, кандидатский экзамен.

Вид учебной работы	Объем часов	Объем зачетных единиц
Трудоемкость изучения дисциплины	216	6
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	36	1
в том числе:		
-лекции	36	1
-семинары	0	0
-практические занятия	0	0
Самостоятельная работа аспиранта (всего)	180	5
в том числе:		
-Подготовка к практическим занятиям	0	0

-Подготовка реферата	72	2
-Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку	108	3

4.2. Объем дисциплины и виды учебной работы

№ п/п	Название раздела дисциплины	Объем (в учебных часах)	
		лекции	самостоятельная работа
1	Общие вопросы физиологии и биохимии растений. Задачи и основные разделы курса.	2	10
2	Основные компоненты растительного организма и их функции. Растительная клетка.	6	30
3	Биоэнергетика растительного организма.	6	30
4	Рост и развитие растений.	4	20
5	Водообмен. Минеральное питание. Дальний транспорт веществ.	4	20
6	Особенности метаболизма растений.	4	20
7	Молекулярные основы патогенеза и иммунитета растений.	4	20
8	Симбиоз растений с другими организмами.	4	20
9	Методы и подходы современной физиологии и биохимии растений.	2	10
	Итого:	36	180

4.3. Содержание разделов и темы занятий

Тема 1. Общие вопросы физиологии и биохимии растений. Задачи и основные разделы курса.

Объекты биохимии и физиологии растений. Положение растительных организмов в системе живого мира. Уникальные особенности растительного организма: фото- и автотрофность. Физиология и биохимия растений — теоретическая основа растениеводства и новых отраслей биотехнологии.

Тема 2. Основные компоненты растительного организма и их функции. Растительная клетка.

Органеллы растительной клетки и их функциональная организация. Особенности организации ядерного генома растений. Структура генома, полиморфизм растительной ДНК. Копийность разных генов и участков ДНК. Особенности метилирования растительной ДНК и его влияние на экспрессию ядерных генов. Метилирование ядерных гистонов у растений. Мобильные генетические элементы растений (транспозоны). Ретротранспозоны и ДНК-транспозоны. Ac и Ds - элементы. Типы пластид, особенности строения,

онтогенез. Геном пластид и особенности его функционирования. Митохондрии растений. Особенности митохондриального генома растений. Надклеточная организация растений: плазмодесмы, их структура и функции. Клеточный цикл и его регуляция. Механизмы деградации компонентов клеток растений: протеасомная деградация, автофагия. Программная гибель клетки.

Тема 3. Биоэнергетика растительного организма.

Структурно-функциональная организация фотосинтетического аппарата бактерий и хлоропластов. Современные модели структурной организации реакционных центров бактерий и высших растений. Компоненты электрон-транспортной цепи и последовательность переноса электрона по цепи (Z-схема). Циклический, нециклический и псевдоциклический электронный транспорт. Хлорофилл-белковые комплексы и различные типы антенн растений. Роль каротиноидов в фотосинтезе.

Основные биохимические этапы процесса дыхания, их центральная роль в первичном метаболизме растений. Митохондриальное дыхание растений. Структура и функции комплексов дыхательной электронтранспортной цепи. Особенности ЭТЦ дыхания растений.

Пути углерода в фотосинтезе. Цикл Кальвина. Регуляция РубисКО. Фотодыхание. Фотосинтез по типу C4 и САМ. Фотосинтез, дыхание и фотодыхание как компоненты продукционного процесса. Разнообразие структурных, молекулярных и биохимических механизмов фотозащиты у растений.

Тема 4. Рост и развитие растений.

Типы роста у растений. Различные типы структурной и молекулярно-генетической организации меристем высших растений. Клеточные основы роста. Структурные и молекулярно-генетические механизмы развития корня. Клеточные и молекулярно-генетические механизмы формирования побега. Системы регуляции физиологических процессов растений: гормональная регуляция, фотопериодизм, дальний транспорт информационных макромолекул. Рецепция и трансдукция гормональных сигналов. Регуляция цветения растений и открытие «флоригена».

Тема 5. Водообмен. Минеральное питание. Дальний транспорт веществ.

Градиент водного потенциала как движущая сила поступления и передвижения воды. Аквапорины (белки водных каналов), их структура, принцип работы. Первичный и вторичный мембранный транспорт, ближний транспорт по апопласту и симпласту. Ксилемный транспорт. Транспирация. Загрузка флоэмы и флоэмный транспорт ассимилятов. Теория Э. Мюнха и ее современные подтверждения. Структурно-функциональная организация флоэмы высших растений.

Тема 6. Особенности метаболизма растений.

Особенности углеводного метаболизма растений: гексозофосфатный, триозофосфатный и пентозофосфатный пулы, их взаимопревращения. Транспортные системы, контролирующие обмен метаболитами между клеточными компартментами. Биосинтез сахарозы и крахмала. Деградация

сахарозы и крахмала. Донорно-акцепторные отношения растений, регуляция соотношения надземной и подземной биомассы. Липиды грибов и растений: структурное разнообразие, метаболизм, физиологические функции.

Тема 7. Молекулярные основы патогенеза и иммунитета растений.

Врожденный иммунитет растений: «первичный неспецифический» и «вторичный специфический». Молекулярные паттерны патогенов (PAMPs). Паттерн-распознающие рецепторы. Мембранные и цитоплазматические рецепторы иммунного ответа, содержащие консервативные домены с лейцин-богатыми повторами (LRRs). Гены авирулентности и R-белки. Сопряженная эволюция растения хозяина и патогена. Защита от вирусов, локальный и системный РНК сайленсинг при вирусной инфекции.

Тема 8. Симбиоз растений с другими организмами.

Микориза – древнейший и наиболее распространенный вид симбиоза растений и грибов. Арбускулярная микориза. Эктомикориза. Эндомикориза Орхидных. Азотфиксирующие симбиозы. Строение нитрогеназы, «кислородная дилемма». Симбиоз растений и цианобактерий: внутриклеточный (Gunneraceae) и внеклеточный (саговники, Azolla, лишайники и др.). Клубеньковые симбиозы на корнях. Ризобийные симбиозы: Бобовые и Parasponia. Штаммы Frankia и актиноризообразующие растения. Молекулярно-генетические основы внутриклеточного симбиоза. NOD-факторы и MYC-факторы, трансдукция их сигналов в растительной клетке.

Тема 9. Методы и подходы современной физиологии и биохимии растений.

Методы молекулярной и клеточной биологии и генной инженерии в физиологии и биохимии растений. Генно-инженерные конструкции на основе GFP (зеленый флуоресцирующий белок), их применение в решении задач современной биологии растений. Методы исследования белков растений. Принципы и методы метаболического профайлинга.

4.4. Практические занятия.

Не предусмотрены.

4.5. Самостоятельная работа аспиранта

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе. В программу самостоятельной работы включается также написание реферата по теме выбранной аспирантом (из указанных в п.4.6.) или предложенной научным руководителем по материалам, изучаемым в рамках данного курса.

Тема 1. Общие вопросы физиологии и биохимии растений. Задачи и основные разделы курса.

Значение фотоавтотрофов в создании и поддержании газового состава атмосферы, водного, почвенного и климатического режима на планете. Динамика изменения газового состава атмосферы в ходе эволюции фотоавтотрофов.

Тема 2. Основные компоненты растительного организма и их функции. Растительная клетка.

Особенности строения, структурная и функциональная организация растительной клетки. Симбиогенетическая гипотеза возникновения растительной клетки. Перенос генетического материала между органеллами и совместная работа трех геномов. Цитоскелет. Мембранные системы растительной клетки: плазмалемма, тонопласт, ЭПР, аппарат Гольджи, вакуом. Биосинтез клеточной стенки. Строение и функции клеточной стенки растений: каркасная, защитная, транспортная, регуляторная, сигнальная. Олигосахарины. «Сортинг» белков в компартментах растительной клетки.

Тема 3. Биоэнергетика растительного организма.

Принципы термодинамики. Свободная энергия; изменение стандартной свободной энергии. Химическое равновесие, химический потенциал. Выражение изменения свободной энергии редокс-реакции в единицах электрохимического стандартного окислительно-восстановительного потенциала. Биосинтез и распад хлорофилла. Строение и биосинтез каротиноидов. Гликолиз, окислительный пентозофосфатный цикл, цикл трикарбоновых кислот. Глиоксилатный цикл

Тема 4. Рост и развитие растений.

Основные группы растительных гормонов и их функции. Вторичные посредники передачи сигнала (фосфолипаза C2+, цАМФ, инозитол-3-фосфат, кальций и др.). Развитие цветка, модель «ABC», семейства генов, содержащих MADS-домен.

Тема 5. Водобмен. Минеральное питание. Дальний транспорт веществ.

Макро- и микроэлементы, пути их поступления в растения, метаболизм и роль в растительном организме. Ассимиляция серы. Токсическое действие тяжелых металлов.

Тема 6. Особенности метаболизма растений.

Основные классы биоорганических соединений, их структура. Ассимиляция аммонийного и нитратного азота. Биосинтез аминокислот в растительной клетке. Основные классы вторичных метаболитов растений и пути их биосинтеза.

Тема 7. Молекулярные основы патогенеза и иммунитета растений.

Активные формы кислорода (АФК), механизмы их образования, их токсическое действие и механизмы защиты растений от избытка АФК. Антиоксидантные системы клетки. Ответы растений на абиотический стресс (водный дефицит, солевой стресс, температурный стресс, дефицит кислорода, окислительный стресс).

Тема 8. Симбиоз растений с другими организмами.

Обмен веществ и потоки органического вещества и минеральных элементов между симбионтами в разных типах симбиозов.

Тема 9. Методы и подходы современной физиологии и биохимии растений.

Агробактериальная трансформация растений. Применение методов биоинформатики для функционального изучения растительных организмов.

4.6. Темы рефератов

1. Метод ПЦР в режиме реального времени.
2. Эволюция гормональной системы наземных растений.
3. Клеточная стенка наземных растений: эволюционный аспект.
4. Липидные рафты в растительной клетке.
5. Шапероны и шаперонины растений: характеристика, локализация, функции.
6. Автофагия у растений: механизмы, регуляция, функции.
7. Продукция синглетного кислорода в растительной клетке
8. Технология RNAi в исследованиях функций растений
9. Эволюция фотосинтетической антенны наземных растений
10. Плазмодесмы растений: эволюция, функции
11. Метод электронного парамагнитного резонанса в исследованиях растений
12. Типы клеточной смерти у растений

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.

Технология процесса обучения аспирантов включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- аудиторные занятия (лекции);
- самостоятельная работа аспирантов;
- контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончанию: зачет в 1 семестре; зачет с оценкой во 2 семестре, экзамен в 6 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 физиологии и биохимии растений 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. Самостоятельная работа 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 модуля;

- решение проблемных задач стимулируют познавательную деятельность и научно- исследовательскую активность аспирантов.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Цель контроля - получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

6.1. Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра. Текущая самостоятельная работа аспиранта направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений.

6.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация включает зачет в 1-ом семестре, написание реферата и зачет с оценкой во 2-ом семестре, завершает изучение дисциплины «Ботаника» кандидатский экзамен, который проводится в 6-ом семестре.

Порядок проведения кандидатских экзаменов включает в кандидатский экзамен по научной специальности дополнительные разделы, обусловленные спецификой научной специальности. Билеты кандидатского экзамена по специальной дисциплине в соответствии с темой диссертации на соискание ученой степени кандидата наук должны охватывать разделы специальной дисциплины отрасли науки и научной специальности и дисциплины научной специальности по выбору аспиранта.

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 - аспирант посетил более 75% аудиторных занятий. В процессе обучения показал заинтересованность в предмете.

Оценка «не зачтено». Пропущено значительное количество занятий без уважительной причины - аспирант посетил менее 75% аудиторных занятий. В процессе обучения не проявил интереса к предмету.

6.3.2. Критерии оценивания для зачета с оценкой.

Оценка выставляется по итогам написания реферата.

Оценка «отлично» – 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 «хорошо» – наличие твердых и достаточно полных знаний (в объеме утвержденной программы дисциплины в соответствии с целями обучения),

правильные действия по применению знаний, умений, владений на практике, четкое изложение материала, допускаются отдельные логические и стилистические погрешности, сдающий усвоил основную литературу, рекомендованную в программе дисциплины;

Оценка «удовлетворительно» – наличие недостаточно полных знаний (в объеме утвержденной программы), изложение материала с отдельными ошибками, правильные в целом действия по применению знаний на практике.

Оценка «неудовлетворительно» – тема реферата не раскрыта, наличие грубых ошибок, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике.

6.3.3. Критерии оценивания для кандидатского экзамена.

Содержание и структура кандидатского экзамена и критерии оценивания определены в Программе кандидатского экзамена по специальности соответствующего профиля (*Приложение*).

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Основная литература

1. Хелдт Г.-В. Биохимия растений. Изд-во Бином: 2011 г. 472 с.
2. Медведев С.С. Физиология растений: учебник. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 512 с.
3. А. В. Пиневиц, С. Г. Аверина. Кислородная фототрофия. Руководство по эволюционной клеточной биологии // Издательство Санкт-Петербургского университета, 2002, 234 с.
4. Полевой В.В. Физиология растений. М.: Высшая школа, 1989 г., 464 с.
5. Buchanan W.B., Gruissem W., Jones P.L., ed, Biochemistry and Molecular Biology of Plants. 2nd Edition, Rockville, Maryland, American Society of Plant Physiologists, 2015, 1222 p.
6. Taiz L., Zeiger E. Plant Physiology, 5th Edition, Sunderland-Massachusetts, Sinauer Associates Inc, 2010, 778 p
7. Melnyk C.W., Molnar A., Baulcombe D.C. Intercellular and systemic movement of RNA silencing signals. The EMBO Journal (2011) 30, 3553– 3563.
8. Е. М. Чекунова. Генетика биосинтеза хлорофилла: темновой и светозависимый пути. Экологическая генетика. 2010. Т.8.№ 3. с.38-51.
9. Вахрушева О.А., Недоспасов С.А. Система врожденного иммунитета у растений. Молекулярная биология, 2011, том 45, № 1, с. 20–29
10. И.Н. Стадничук, И.В. Тропин. Эволюция кислородных фотосинтетиков и светособирающая антенна. Труды палеонтологического института им. А.А. Борисяка РАН, 2011 (ред. В.М. Горленко) Москва. Изд-во ПИН РАН 2011. С. 26-53.
11. Elena V. Voznesenskaya, Vincent R. Franceschi, Olavi Kiirats, Helmut Freitag and Gerald E. Edwards. Kranz anatomy is not essential for terrestrial C4 plant photosynthesis. Nature. 2001. Vol 414. № 29. P.543-546

12. Halliwell B., Gutteridge J.M.C. Free radicals in biology and medicine. Fifth Edition. Oxford University Press, 2015. 905 p.

7.2. Дополнительная литература

1. Гамалей Ю.В. Флоэма листа. Л., 1990. 144 с.
2. Лутова Л.А., Проворов Н.А., Тиходеев О.Н. и др. Генетика развития растений. СПб.: Наука, 2000 г., 539 с.
3. Гамалей Ю.В., Куликов Г.В. Развитие хлоренхимы листа. Л.: Наука ... 1989, 94, 2: 92-102.
4. А. Б. Рубин, Т. Е. Кренделева. Регуляция первичных процессов фотосинтеза. Успехи биологической химии, т. 43, 2003, с. 225-266.
5. Tanaka, A., Ito, H., Tanaka, R., Tanaka, N.K., Yoshida, K., and Okada, K. (1998). Chlorophyll a oxygenase (CAO) is involved in chlorophyll b formation from chlorophyll a. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 95, 12719–12723.
6. Ajit Nott, Hou-Sung Jung, Shai Koussevitzky, and Joanne Chory. Plastid-to-Nucleus Retrograde Signaling. Annu. Rev. Plant Biol. 2006. 57:739–59
7. Gerald E. Edwards, and Elena V. Voznesenskaya. C 4 Photosynthesis: Kranz Forms and Single-Cell C 4 in Terrestrial Plants. IN: Agepati S. Raghavendra and Rowan F. Sage (eds.), C4 Photosynthesis and Related CO2 Concentrating Mechanisms, pp. 29–61. © Springer Science+Business Media B.V. 2011
8. Krishna K. Niyogi. Photoprotection Revisited: Genetic and Molecular Approaches. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 1999. 50:333–59.
9. Nathan Nelson and Charles F. Yocum. Structure and Function of Photosystems I and II. Annu. Rev. Plant Biol. 2006. 57:521–65.

Рекомендуются для дополнительного изучения обзорные и экспериментальные статьи в журналах «Физиология растений», «Биохимия», «Генетика», «Nature», «Plant Cell», «Plant Physiology» и др.

7.3. Электронные образовательные ресурсы

Наименование ресурса	Краткая характеристика
http://www.edu.ru	Федеральный образовательный портал
http://www.rsl.ru	Российская государственная библиотека
http://www.library.spbu.ru	Научная библиотека СПбГУ
http://elibrary.ru/	Научная электронная библиотека
http://e.lanbook.com	ЭБС издательства Лань
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://www.arabidopsisbook.org/	Продолжающаяся серия рецензируемых публикаций Американского общества биологов растений
http://www.scopus.com/	SciVerse Scopus

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ 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;
- библиотека с информационными ресурсами на бумажных и электронных носителях;
- офисная оргтехника.