



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

УТВЕРЖДЕНО

на заседании Ученого Совета БИН РАН

протокола № 8 от «01» июня 2015



Директор БИН РАН

В.Т.Ярмишко

**Рабочая программа дисциплины (Б1.В.ОД.4)
«ГЕНОМ И ХРОМОСОМЫ ГРИБОВ И РАСТЕНИЙ
КАК ДИНАМИЧНАЯ СИСТЕМА»**

научно-педагогических кадров в аспирантуре

06.06.01 Биологические науки

профили:

03.01.05 – «Физиология и биохимия растений»

03.02.01 – «Ботаника»,

03.02.08 – «Экология (в биологии)»,

03.02.12 – «Микология»

Санкт-Петербург
2015

Составитель рабочей программы: Родионов Александр Викентьевич, д.б.н., профессор, зав. лаб. биосистематики и цитологии БИН РАН

Дисциплина «ГЕНОМ И ХРОМОСОМЫ ГРИБОВ И РАСТЕНИЙ КАК ДИНАМИЧНАЯ СИСТЕМА»

Профили:

03.01.05 – «Физиология и биохимия растений»

03.02.01 – «Ботаника»,

03.02.08 – «Экология (в биологии)»,

03.02.12 – «Микология»

Цикл дисциплин (по учебному плану): Б1.В.ОД.4

Курс: 2 курс

Трудоёмкость в ЗЕТ — 3

Трудоёмкость в часах — 108

ПРЕДИСЛОВИЕ

Рабочая программа дисциплины «Геном и хромосомы грибов и растений как динамичная система» (Б1.В.ОД.4.) разработана на основе паспортов научных специальностей 03.01.05 – «Физиология и биохимия растений», 03.02.01 – «Ботаника», 03.02.08 – «Экология (в биологии)», 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 специальностям 03.01.05 – «Физиология и биохимия растений», 03.02.01 – «Ботаника», 03.02.08 – «Экология (в биологии)», 03.02.12 – «Микология».

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Цели изучения дисциплины «Геном и хромосомы грибов и растений как динамичная система»:

– формирование у аспирантов системы представление об основных принципах структурной и функциональной организации генома грибов и растений.

Задачи дисциплины:

– дать аспирантам современные представления о молекулярной и структурной организации эукариотического генома и эукариотической хромосомы;

– показать аспирантам вклад отечественных ученых в формирование современных представлений о геноме и хромосоме грибов и растений;

– познакомить аспирантов с принципами планирования и проведения исследований, в ходе которых были сформированы современные представления об организации хромосом грибов и растений;

– научить аспирантов навыкам самостоятельного поиска и анализа информации в изучаемой области и использованию ее в процессе научной и педагогической деятельности.

Курс предназначен для аспирантов, обучающихся по направлению 06.06.01 Биологические науки.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

2.1. Учебная дисциплина «Геном и хромосомы грибов и растений как динамичная система» входит в вариативную часть ООП по направлению 06.06.01 Биологические науки, профили: 03.01.05 – «Физиология и биохимия растений», 03.02.01 – «Ботаника», 03.02.08 – «Экология (в биологии)», 03.02.12 - «Микология».

2.2. Для изучения данной дисциплины необходимы знания по общей ботанике, генетике, цитологии 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.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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);

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 на молекулярном, клеточном, организменном и ценотическом уровнях, а также знания о современной систематике и таксономии растений в узкопрофессиональной и междисциплинарной деятельности (ПК-1);

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны

знать:

— основные принципы, лежащие в основе структурной и функциональной организации генома и хромосомы эукариот;

— особенности организации геномов и хромосом грибов, высших растений в сравнении с геномами и хромосомами многоклеточных животных;

уметь:

— уметь работать с хромосомными препаратами растений, знать особенности дифференциального окрашивания хромосом растений.

владеть:

— навыком работы кариолога растений

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 — 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	30
-семинары	0
-практические занятия	6
Самостоятельная работа аспиранта (всего)	90 / 2,5
в том числе:	
-подготовка к практическим занятиям	0
-подготовка реферата	0
-изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку	72

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

№ п/п	Название раздела дисциплины	Объем часов / зачетных единиц	
		Лекции и практические занятия	самостоя- тельная работа
1	Введение.	1	2
2	Современный взгляд на геном и хромосому.	1	9
3	Изменения числа хромосом в кариотипе и размера геномов в эволюции.	1	9
4	Мозаичная организация генома эукариот. Тандемные повторы в геноме эукариот.	2	9
5	Динамичная природа эукариотического генома. Рассеянные повторы в геноме эукариот.	2	9
6	Блочная организация эукариотической хромосомы.	2	9
7	Блочная организация хромосом, выявляемая при дифференциальном окрашивании.	2	9

8	Уровни упаковки хроматина в хромосоме растений. Универсальность уровней упаковки хроматина в хромосомах эукариот	2	9
9	Функциональная и молекулярная организация центромерных районов хромосом.	2	9
10	Функциональная и молекулярная организация теломеров.	1	9
11	Функциональная и молекулярная организация гетерохроматиновых районов хромосом.	1	7
12	Заключение.	1	0
	<i>Итого:</i>	18 / 0,5	90 / 2,5

4.2. Содержание разделов и тем.

Тема 1. Введение.

Хромосома как объекта исследований. Главные трудности в работе с хромосомами. В. фон Вальдейер и термин «хромосома». Работы фон Негели, Ван Бенедена, В. Флемминга. История с числом хромосом в кариотипе человека: Т. Пайнтнер, Т.С. Хсю, Дж. Тийо и А. Леван. Формирование представлений о ядре и хромосоме как материальных носителях наследственности. Т. Бовери, У. Саттон. Школа Моргана. Пионеры отечественной «хромосомологии»: С.Г. Навашин, Г.А. Левитский. М.С. Навашин и развитие кариологии в БИН РАН. Кариотип и идиограмма. Число хромосом в кариотипе $2n$. Мета-, субмета- и акроцентрики. Центромерный индекс.

Тема 2. Современный взгляд на геном и хромосому.

Размеры хромосом и размеры геномов. Число генов в геноме человека и в геномах дрожжей и растений, размеры генов и регуляторных элементов. Размеры экзонов и интронов. Доля кодирующей ДНК в хромосоме (есть ли гены в хромосомах эукариот?). Хромосома и ее функции в жизни клетки.

Тема 3. Изменения числа хромосом в кариотипе и размера геномов в эволюции.

Полиплоидия и понятие «величина C ». Правила и парадоксы в изменении размеров геномов в эволюции (C -value-paradox). "Минимальные" геномы. Мегагеномы. Как влияет количество ДНК в ядре клетки на фенотип и клеточные процессы. Гипотезы о природе «негенетической» ДНК.

Тема 4. Мозаичная организация генома эукариот. Тандемные повторы в геноме эукариот.

Мини-, микро- и «классические» сателлиты. Мини- и микросателлиты как полиморфные молекулярные маркеры генов, отвечающих за количественные признаки. Мини- и микросателлиты в исследовании филогении. Болезни, связанные с «экспансией» тандемных повторов. «Классические» сателлиты и их расположение в эукариотических хромосомах.

Тема 5. Динамичная природа эукариотического генома. Рассеянные повторы в геноме эукариот.

Понятие о кинетической сложности генома. Основные типы интерперсии повторов и уников в геноме. Классификация рассеянных повторов. ДНК-транспозоны, их открытие. Феномен Барбары Мак-Клинток. Роль российских ученых в открытии транспозонов: Г.

Георгиев, В. Гвоздев, Е. Ананьев. Классификация транспозонов. ДНК-транспозоны и их роль в изменчивости кариотипа. Ретротранспозоны и ретропозоны. Повторы типа SINE (Alu) и их происхождение. LINE-повторы в геноме, их жизненный цикл. LTR-содержащие транспозоны и ретровирусы. Распределение транспозонов по хромосомам эукариот. Транспозоны и их роль в изменчивости генома. Разрешение C-value-парадокса.

Тема 6. Блочная организация эукариотической хромосомы.

История каждой науки – это история ее методов. Четыре этапа в истории изучения хромосом. С.Г. Навашин и принцип линейной неоднородности хромосом. Первичная перетяжка, вторичная перетяжка, спутники, хромомеры. Эмиль Гейц и открытие конститутивного гетерохроматина у печеночных мхов. Б. Мак-Клинтон, Г. Мёллер и открытие теломеров.

Т.С. Хсю и открытие гипотонии - революция в цитогенетике. Проблема идентификации хромосом и попытки ее решения.

Тема 7. Блочная организация хромосом, выявляемая при дифференциальном окрашивании.

Т. Касперсон и открытие феномена Q-окрашивания. Забытые работы Н. Ямасаки – как важно выбрать правильный объект, чтобы быть понятым современниками. АТ- и ГЦ-специфичные флуорохромы. Механизмы дифференциального окрашивания хромосом флуорохромами.

М. Сибрайт и открытие G-окрашивания хромосом. Система G/R-блоков. «Магический» краситель Романовского-Гимза. Дж. Голл, Т.С. Хсю и открытие C-окрашивания хромосом. Природа и механизмы C-бэндинга. N- и Ag-NOR –блоки в составе хромосомы. Kt- и Cd-блоки. А.Ф. Захаров и открытие репликационной исчерченности хромосом (RVA-бэндинг). T-блоки. Sat-ДНК, транспозоны, изохорная организация генома и их связь с блочной организацией хромосом, выявляемой при дифференциальном окрашивании. Особенности блочной организации хромосом в разных филогенетических ветвях позвоночных.

Тема 8. Уровни упаковки хроматина в хромосоме растений. Универсальность уровней упаковки хроматина в хромосомах эукариот

Сколько нитей ДНК в митотической хромосоме эукариот? Опыты Кавенов и Зимма. Феномен сестринских хроматидных обменов и его значение для понимания организации хромосомы эукариот.

«Голая» ДНК в хромосоме. Открытие нуклеосом и организация фибриллы диаметром 10 нм. Организация фибриллы диаметром 30 нм. Гистоновый код. Хромомеро-петлевая организация 30 нм-фибрилл в митозе и интерфазе. Феномен коллинеарности генетических и цитологических («физических») карт хромосом и его значение для понимания упаковки ДНК в хромосоме. Скэффолд, его природа. SARs и MARs.

Хромонема и спираль Онуки. Негистоновые белки SMC-группы и структура эукариотической хромосомы.

Тема 9. Функциональная и молекулярная организация центромерных районов хромосом.

Термины кинетохор и центромера. Первичная перетяжка. Cd(Kt)-сегменты. Голокинетические хромосомы. Ультраструктура кинетохора. Кинетохоры типа «чашка-и-шар». Понятие о доменной структуре кинетохора. Кинетохоры могут не работать. Судьба ацентрических фрагментов. Микронуклеарный тест. Хромосомы без центромеров. Хромосомы с двумя центромерами. Латентные центромеры. Неоцентромеры.

Молекулярная организация центромеров дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* и *Schizosaccharomyces pombe* – два типа центромеров.

Молекулярная организация центромеров человека. Склеродермия типа CREST. CENP- и INCENP-протеины. Особенности эволюции центромерных вариантов гистонов. Сателлитная ДНК и транспозоны в центромерах эукариот. Центромера – как эпигенетический феномен.

Тема 10. Функциональная и молекулярная организация теломеров.

Открытие теломеров. Роль теломеров в сохранении хромосом. Теломеры и организация интерфазного ядра. Кинетические функции теломеров. Роль теломеров в репликации хромосомы. «Кошмар Оловникова». Роль теломеров в старении. Молекулярная организация теломеров. TG-мотивы на концах хромосом. 4-х нитчатая ДНК. Телосома. Т- и D-петли на концах хромосом. Теломерные и субтеломерные повторы. Работы Е. Блэкбурн и Дж. Шостака. – открытие теломеразы. Схема работы теломеразы. Необычные теломеры дрозофилы и лука. Происхождение теломеразного механизма репликации концов хромосом.

Тема 11. Функциональная и молекулярная организация гетерохроматиновых районов хромосом.

Способы цитологического выявления гетерохроматина. Понятие о конститутивном и факультативном гетерохроматине. Прицентромерный и интеркалярный гетерохроматин. Тельце Барра. Факультативный гетерохроматин как эпигенетический феномен.

Молекулярная композиция конститутивного гетерохроматина. Полиморфизм сат-ДНК и общие черты в организации нуклеопротеидных комплексов в С-гетерохроматине. Еще раз о гетерохроматине и гетерохроматинизации.

Функции гетерохроматина в хромосомах эукариот. Гетерохроматин и репликация. Роль гетерохроматина в расхождении хроматид в мейозе. Когезия. С-анафазы. Роль гетерохроматина в расхождении гомологичных хромосом в I делении мейоза. Гетерохроматин и рекомбинация. Влияние гетерохроматина на работу соседних генов: эффект положения. Инсуляторы.

Гетерохроматин и транскрипция. Гены в гетерохроматине дрозофилы, их количество, разнообразие и особенности. Феномен протеин-акцепторных генов.

Тема 12. Заключение.

Проблемы в понимании блочной структурно-функциональной организации хромосом эукариот в эпоху тотального секвенирования геномов. Мозаичность и динамическая природа генома грибов и растений и их связь с особенностями организации хромосом растений и грибов.

Практические занятия.

Тема 3. Изменения числа хромосом в кариотипе и размера геномов в эволюции.

Методы приготовления препаратов хромосом растений. «Рутинное окрашивание». Диплоиды и полиплоиды. Авто и аллополиплоидия. Понятие о гомологичных хромосомах и хромосомах гомеологичных. Как построить идиограмму.

Тема 7. Блочная организация хромосом, выявляемая при дифференциальном окрашивании.

Особенности дифференциального окрашивания хромосом растений.

С-бэндинг. Значение С-окрашивания для цитогенетики растений и кариосистематики.

Q-окрашивание и его механизмы. Типы флуорохромов. Совместное окрашивание АТ- и ГЦ-специфичными флуорохромами.

Компьютерный анализ дифференциального окрашивания.

Самостоятельная работа аспиранта

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе, анализ полученной информации, подготовка краткого сообщения.

Тема 1. Введение.

История изучения хромосом растений; Значение исследования хромосом растений для систематики растений по представлениям С.Г. Навашина, Л.Н. Делоне и М.С. Навашина.

Тема 2. Современный взгляд на геном и хромосому.

Организация тотально секвенированного генома *Arabidopsis*. Кариотип *Arabidopsis* по работе Arabidopsis Genome Initiative. Analysis of the genome sequence of the flowering plant *Arabidopsis thaliana*.// Nature, 2000 8: 796–815;

Тема 3. Изменения числа хромосом в кариотипе и размера геномов в эволюции.

Сбор и систематизация сведений о числе хромосом в кариотипе той группы (таксона) растений, с которой работает аспирант. Анализ литературных данных, справочников и баз данных.

Тема 4. Мозаичная организация генома эукариот. Тандемные повторы в геноме эукариот. Самостоятельная работа аспиранта с литературой

Тема 5 Динамичная природа эукариотического генома.

Сателлитные ДНК и рассеянные повторы в геномах исследуемой аспирантом группы растений. Анализ баз данных.

Тема 7. Блочная организация эукариотической хромосомы, выявляемая при дифференциальном окрашивании.

Анализ литературы, касающейся дифференциальной исчерченности хромосом исследуемого аспирантом таксона.

Тема 8. Уровни упаковки хроматина в хромосоме растений. Универсальность уровней упаковки хроматина в хромосомах эукариот

Анализ литературы, касающейся данных о мейотических хромосомах исследуемой аспирантом группы растений

Тема 11. Функциональная и молекулярная организация гетерохроматиновых районов хромосом.

Самостоятельная работа аспиранта с литературой, касающейся гетерохроматиновых районов хромосом у исследуемой аспирантом группы 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 окончании: зачет в 3 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 устройства и функционирования генома растений и грибов 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

В форме зачета в 3 семестре. Зачет проводится в форме собеседования.

Перечень примерных вопросов к зачету.

1. Формирование представлений о ядре и хромосоме как материальных носителях наследственности.
2. Число хромосом и размеры геномов растений. Сколько генов в геноме растений. Размеры генов. C-value paradox и его природа. Гипотезы о природе «негенетической» ДНК.
3. Тандемные повторы в геномах растений. Мини- и микросателлиты и их значение как молекулярных маркеров полиморфизма геномов. Тандемные повторы и их влияние на фенотип.
4. Транспозоны в геномах растений. Классификация транспозонов, их роль в изменчивости генома.
5. Блочная организация хромосом, выявляемая при дифференциальном окрашивании.
6. Районы конститутивного гетерохроматина, их молекулярная организация и влияние на клеточные процессы.
7. Молекулярная организация центромерных районов хромосом дрожжей и высших растений.
8. Молекулярная организация теломерных районов хромосом в разных филогенетических ветвях эукариот. Теломераза и ее значение в жизни организма.
9. Районы ядрышкового организатора. Их строение.
10. Особенности дифференциального окрашивания хромосом в разных группах эукариот. Почему у растений нет G- исчерченности.
11. Кариотип растений как динамичная система. Циклы полиплоидизации и вторичной диплоидизации в истории цветковых растений.

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. Агапова Н.Д., Архарова К.Б., Вахтина Л.И., Земскова Е.А., Тарвис Л.Б. Числа хромосом цветковых растений флоры СССР (под ред. А.Л.Тахтаджяна). Т. 1. Л., Наука, 1990. 507 с.
2. Ней М., Кумар С. Молекулярная эволюция и филогенетика. Киев:КВЦ. 2004. 404 с.
3. Разин С.В., Быстрицкий А.А. Хроматин: упакованный геном. М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2015.
4. Родионов А.В. Григорий Андреевич Левитский (1878-1942)// Генетика. 2009. №11. С. 1429–1435.
5. Родионов А.В. Полиплоидия и межвидовая гибридизация в эволюции цветковых растений // Вавиловский журнал генетики и селекции, 2013, Том 17, № 4/2, с. 916-929.
6. Тарантул В.З. Геном человека. Энциклопедия, написанная четырьмя буквами. Языки славянской культуры, 2003. 396 с.
7. Шереметьев СН, Гамалей ЮВ, Слемнев НН - Направления эволюции генома покрытосеменных// Цитология. 2011. Т. 53. №4. С. 295.
8. Шнеер В.С. ДНК штрихкодирование– новое направление в сравнительной геномике растений // Генетика 2009. Т.54 №11. С.1436-1448
9. Шнеер В.С. ДНК-штрихкодирование видов животных и растений – способ их молекулярной идентификации и изучения биоразнообразия. :Журн. общей биологии. 2009. Т. 70. №4. С. 296-315.

7.2. Дополнительная литература

1. Альбертс Б. и др. Молекулярная биология клетки. Т. 1-3. М.: МИР, 1994
2. Заварзин А.А., Харазова А.Д., Молитвин М.Н. Биология клетки: общая цитология. СПб: Изд-во СПбГУ, 1992
3. Ченцов Ю.С. Общая цитология// М.: Изд-во МГУ, 2004
4. Rice, Anna et al. The Chromosome Counts Database (CCDB) - a community resource of plant chromosome number// New Phytologist 2015 vol 206. N1, p. 19-26.
5. Навашин М.С. Хромосомы и видообразование. Ботанический журнал. 1957. Т. 42. №11. С. 1615-1634.

7.3. Рекомендованная к прочтению литература

1. Агапова Н.Д., Архарова К.Б., Вахтина Л.И., Земскова Е.А., Тарвис Л.Б. Числа хромосом цветковых растений флоры СССР. (под ред. А.Л.Тахтаджяна). Т. 2. СПб., Наука, 1993. 430 с.
2. Болховских З.В., Гриф В.Г., Захарьева О.И., Матвеева Т.С. Хромосомные числа цветковых растений. Л., Наука, 1969. 926 с.
3. Гриф В.Г. Количество ДНК на геном в биосистематике растений // Цитология. 1998. Т.40. N 7. С.690-705
4. Коряков Д.Е., Жимулев И.Ф, Хромосомы. Структуры и функции. Новосибирск, 2009.
5. Левицкий Г.А. Цитогенетика растений М.: Наука, 1978
6. Левицкий Г.А. Цитология растений. М.: Наука. 1976.
7. Родионов А.В., Пунина Е.О., Чупов В.С. Эволюция блочной организации хромосом растений. // Биологические мембраны, 2001. Т. 18. № 3. С. 240-248.
8. Рубцов Н.Б. Методы работы с хромосомами млекопитающих. Новосибирск, 2006.

9. Шнеер В.С. О видоспецифичности ДНК: 50 лет спустя // Биохимия. 2007, том 72, вып. 12, с. 1690 – 1699

7.4. 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.mobot.org/mobot/research/apweb/	Миссурийский ботанический сад, США
http://www.ipni.org/	Королевский ботанический сад Кью, Великобритания, Гербарий Гарвардского университета, США, Австралийский Национальный Гербарий, Австралия
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:

- помещение 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.