

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.Б.15 Генетика растений и животных

Направление подготовки: 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции

Профиль подготовки: Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций.....	3
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ.....	13

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1.1. Лекция №1 (2 часа)

Тема: «Предмет и методы генетики»

1.1.1. Вопросы лекции:

1. Место генетики в системе биологических наук.
2. Основные этапы развития генетики.
3. Наследственность и изменчивость как факторы эволюции.
4. Современные представления о материальных основах наследственности и изменчивости.
5. Современные методы генетических исследований на различных уровнях генетических систем.

1.1.2. Краткое содержание вопросов

1. Место генетики в системе биологических наук.

Генетика как область биологии, изучающая наследственность и изменчивость.

Генетика вскрыла многие закономерности наследственности и изменчивости организмов и поставила их на службу человеческому обществу. Появилась возможность управлять наследственностью с целью создания новых форм животных, растений, микроорганизмов. Связь генетики с селекцией, биофизикой, биохимией, физиологией, молекулярной биологией, цитологией, экологией, биотехнологией и нанобиотехнологией.

2. Основные этапы развития генетики.

Датой рождения генетики признан 1900г – год повторного открытия законов наследования, впервые предложенных Грегором Менделем в 1865 г. Вторичное открытие тех же самых законов принадлежат Гуго де Фризу (Голландия), Эриху Чермаку (Австрия), Карлу Корренсу (Германия). Название «генетика» предложено в 1906 г английским ученым В. Бетсоном (genetikos – относящийся к рождению, происхождению). В 1901 г. Гуго де Фриз выдвигает теорию изменчивости, основанную на представлении о скачкообразных изменениях свойств организма в результате мутаций.

Вильгельм Иоганнсен (датчанин) в 1909 г. утвердил понятия – ген, генотип и фенотип.

Работами Томаса Морган и его школы в США (А. Стертевант, Г. Меллер, К. Бриджес), выполненными в 1910 – 1925 гг., была создана хромосомная теория наследственности, согласно которой гены являются дискретными элементами клеточного ядра – хромосом. Были составлены первые генетические карты хромосом *Drosophila melanogaster*.

В 20 – 30-е гг. XX в.:

1) открытие мутагенного действия ионизирующих излучений (Г.А. Надсон и Г.С. Филиппов в СССР; Г. Миллер и Л. Стадлер в США), ставших первым мощным инструментом преобразования наследственности. Опыты Лобашова М. Е. и Сахарова Л. В. по химическому мутагенезу. Открытие Ш. Ауэрбахом в Англии и И. А. Рапопортом в СССР супермутагенов;

2) обнаружение дробимости гена (Серебровский А. С. и его ученики Н. П. Дубинин, И. И. Агол, Б. Н. Сидоров А. Е, Гайсинович, Н. И. Шапиро), послужившее началом исследований его внутреннего строения;

3) предсказание Н. К. Кольцовым общих свойств материальных носителей наследственности, в том числе способности ауторепродукции;

4) работы Четверикова С.С., Дубинина Н. П., Ромашева Д. Д., Гершензона С.М. - в нашей стране, Р. Фишера, Дж. Холдейна - в Англии, С. Райта и Ф. Г. Добржанского и его школы в США, Н. В. Тимофеева-Ресовского, основывались на эволюционной теории;

5) вклад Вавилова Н.И. в понимании эволюции мутационного процесса у родственных форм растений; формулировка закона гомологических рядов наследственной изменчивости, создание им учения о генетических основах селекции.

Тогда же развиваются частные разделы генетики: генетика растений (Жезловский П.М., Карпеченко Т.Д., Жебрак А.Р., Цицин Н.В., Сапегин А.А., Делоне Л.Н.), генетика животных (Серебровский А.С., Иванов М.Ф., Астауров Б.Л.) генетика человека и медицинская генетика (Левит С.Т., Давиденков С.Н., Ардашников С.Н.). В развитие медицинской генетики внесли вклад А. А. Прокофьева-Бельговская, Эфромсон В. П., Малиновский А.А., Беляев Д. К.

Современный период начался в 40-х гг. с экспериментов Г. Бидла, И. Э. Татума в США, положивших начало генетике микроорганизмов и биохимической генетике, изучающей механизмы генетического контроля клеточного метаболизма. Другим событием тех лет стало доказательство роли ДНК как носителя наследственной информации в опытах О. Эвери с соавторами в США. Это открытие послужило стимулом для исследования структуры и функции ДНК, а так же для зарождения молекулярной генетики. Особое значение имело открытие строения молекулы ДНК Джорджем Уотсоном и Френсисом Криком в 1953 г на основе ее химических рентгеноструктурных исследований Розалин Франклин.

В то же время было положено начало генной инженерии, был полностью раскрыт генетический код (1964г.), удалось выделить отдельные гены и установить их нуклеотидные последовательности, понять строение генов различных про- и эукариотических организмов, изучить принципы регуляции генной активности; появилась возможность получать новые сорта растений, породы животных, генотерапии наследственных заболеваний у человека на основе цитогенетических методов переноса генов между разными организмами.

Современная генетика решает вопросы экологической программы, - в частности вопросы индуцированного мутагенеза в природных популяциях организмов занимают особое положение в исследованиях ученых, - ведутся поиски живых систем наиболее чувствительных к воздействию внешних факторов, создаются живые «тест – системы», по реакции которой можно определить загрязненность среды мутагенными агентами.

3. Наследственность и изменчивость как факторы эволюции.

Под наследственностью понимают свойство живых организмов передавать свои признаки и особенности потомству.

Под изменчивостью понимают различия между животными одного вида между родственными особями по ряду признаков и свойств.

Огромное количество научного материала накопленного со времен Ч. Дарвина, Г. Менделя и Ф. Мишера, говорит в пользу синтетической теории эволюции и дает представление о ее материальной основе – генной системы организмов, изменяющейся путем мутаций в ответ на перемены во внешней среде.

На всех уровнях эволюционного процесса существенны, прежде всего, мутации генов, так как появление новых генов неизбежно ведет к изменению в обмене веществ и итоге к появлению комплекса новых мутаций и видообразованию. Однако для видообразования большее значение имеет возникновение таких мутаций, которые препятствуют скрещиванию исходной и уклонившейся от нее формы. Это сопровождается обособлением последней в независимую воспроизводящуюся популяцию. Такая изоляция происходит вследствие хромосомной мутации. Для видообразования существенны виды хромосомных и геномных мутаций, следствием их является новое положение генов в хромосоме и новый эффект положения.

Таким образом, реальным критерием различия биологических видов (в узком смысле и подвидов) в природе является их несовместимость.

4. Современные представления о материальных основах наследственности и изменчивости.

Ядерная и цитоплазматическая наследственность и изменчивость эукариот. Хромосомная и внехромосомная (пластидная) наследственность и изменчивость прокариот.

5. Современные методы генетических исследований на различных уровнях генетических систем.

Гибридологический анализ; генеалогический анализ; популяционный анализ; фенотипический анализ; рекомбинационный анализ; мутационный анализ; цитогенетический анализ; статистический анализ (биометрический).

1.2. Лекция №2 (2 часа)

Тема: «Цитологические основы наследственности»

1.2.1. Вопросы лекции:

1. Типы размножения и деления клеток. Клеточная теория.
2. Митоз. Роль митоза в бесполом размножении.
3. Мейоз. Два типа комбинативной изменчивости.
4. Спорогенез и гаметогенез у растений.
5. Двойное оплодотворение у растений.
6. Нерегулярные типы полового размножения: апомиксис, гиногенез, андрогенез.

Их практическое значение.

1.2.2. Краткое содержание вопросов

1. Типы размножения и деления клеток. Клеточная теория.

Половое, бесполое, вегетативное размножение организмов. Митоз и мейоз как основные способы деления клеток. Положения клеточной теории Шлейдена и Шванна:

клетка – основная единица строения и развития всех живых организмов;

клетки всех организмов сходны по своему строению (гомологичны), химическому составу, основным проявлениям жизнедеятельности;

каждая новая клетка образуется в результате деления исходной (материнской) клетки;

в многоклеточных организмах клетки специализированы по выполняемой ими функции и образуют ткани. Из тканей состоят органы, которые тесно связаны между собой и подчинены системам регуляции.

2. Митоз. Роль митоза в бесполом размножении.

Генетический смысл митоза. Тотипотентность клеток. Главные события интерфазы и фаз митоза.

3. Мейоз. Два типа комбинативной изменчивости.

Генетический смысл мейоза. Главные события интерфазы и фаз митоза. Два способа комбинативной изменчивости при мейозе.

4. Спорогенез и гаметогенез у растений.

Микро- и макроспорогенез и гаметогенез у покрытосеменных растений и животных.

5. Двойное оплодотворение у растений.

Двойное оплодотворение. Ксенийность, селективное оплодотворение. Прогамная несовместимость у растений.

6. Нерегулярные типы полового размножения: апомиксис, гиногенез, андрогенез.

Их практическое значение.

Партеногенез, гиногенез, андрогенез in vivo как способы получения гаплоидов.

1.3. Лекция №3 (2 часа)

Тема: «Молекулярные основы наследственности»

1.3.1. Вопросы лекции:

1. ДНК – основной материальный носитель наследственности.
2. Структура и функции нуклеиновых кислот. Правило Чаргаффа.
3. Свойства генетического кода.
4. Биосинтез белка в клетке.
5. Регуляция белкового синтеза.

6. Проблемы генетической инженерии.
7. Тонкая структура хромосомы.

1.3.2. Краткое содержание вопросов

1. ДНК – основной материальный носитель наследственности. Свойства нуклеиновых кислот: аутосинтез и гетерокатализ.
2. Структура и функции нуклеиновых кислот. Правило Чаргаффа. Понятие о нуклеотиде. Нуклеотидный состав ДНК и РНК. Виды РНК, их функции.
3. Свойства генетического кода.

Описание таблицы генетического кода. Стоп- и старт-триплеты. Свойства генетического кода: универсальность, триплетность, вырожденность, неперекрываемость. Новые представления о перекрываемости наследственной информации. Интроны и экзоны эукариотической ДНК. Сплайсинг, альтернативный сплайсинг.

4. Биосинтез белка в клетке.

Этапы транскрипции: инициация, элонгация, терминация. Роль промотора.

5. Регуляция белкового синтеза.

Модель регуляции белкового синтеза Жакоба и Моно. Структурные гены, гены-операторы, гены-репрессоры, гены-индукторы.

6. Проблемы генетической инженерии.

Схема генно-инженерной программы. Доноры, векторы, реципиенты.

Проблема экспрессии эукариотических генов в прокариотическом геноме и необходимость создания синтетических генов. Методы создания синтетических генов (химический и химико-ферментативный). Роль ревертазы. Проблема транскрипции трансгена (введение под соответствующим реципиенту промотором). Проблема трансляции (кодирование связи м-РНК трансгена с рибосомами реципиента). Проблема расщепления трансгенного белка в клетке реципиента (подавление активности протеаз в мутантных штаммах). Проблема избыточного синтеза трансгенного белка и снижения жизнеспособности реципиента (внедрение регуляторных репрессорных генов).

7. Тонкая структура хромосомы.

Описание различных уровней компактизации хроматина от нуклеосомного до хромосомного.

1.4. Лекция №4 (1 час)

Тема: «Закономерности наследования при внутривидовой гибридизации. Генетический анализ»

1.4.1. Вопросы лекции:

1. Гибридологический метод генетического анализа. Генетическая символика и терминология.
2. Условия, обеспечивающие проявление закономерностей наследования по Менделю.
3. Первый и второй законы Менделя.
4. Виды доминирования.
5. Реципрокные, возвратные, анализирующие скрещивания.
6. Третий закон Менделя – закон независимого наследования признаков.
7. Полигибридные скрещивания.
8. Множественный аллелизм. Плейотропия.

1.4.2. Краткое содержание вопросов

1. Гибридологический метод генетического анализа. Генетическая символика и терминология.

Описание символики, используемой для описания поколения, полученного от самоопыления, анализирующее и возвратного скрещиваний. Термины: гомозигота, гетерозигота, гибрид, генотип, фенотип, аллели.

2. Условия, обеспечивающие проявление закономерностей наследования по Менделю.

Описание подготовки родительских линий и гибридов к скрещиванию. Г. Менделем.

3. Первый и второй законы Менделя.

Моногибридное скрещивание (закон единообразия первого поколения, полученного от скрещивания родительских гомозигот; закон расщепления гибридов второго поколения, полученного от скрещивания гибридов первого поколения).

4. Виды доминирования.

Полное, неполное, кодоминирование, сверхдоминирование, наддоминирование.

5. Реципрокные, возвратные, анализирующие скрещивания.

Основы гибридологического анализа. Применение анализирующего скрещивания для выявления генотипа родителей. Применение возвратного скрещивания для составления ряда множественных аллелей. Применение реципрокных скрещиваний для выявления локализации гена в клетке по типу наследования признака.

6. Третий закон Менделя – закон независимого наследования признаков.

Закон чистоты гамет при независимом наследовании признаков.

7. Полигибридные скрещивания.

Правило комбинаций при независимом наследовании признаков.

3.8. Множественный аллелизм. Плейотропия.

Причины множественного аллелизма и практическое значение в селекции. Плейотропия на примере серповидной клеточной анемии у людей.

1.5. Лекция №5 (1 час)

Тема: «Наследование признаков при взаимодействии генов»

1.5.1. Вопросы лекции:

1. Комплементарное взаимодействие неаллельных генов.
2. Эпистатическое взаимодействие неаллельных генов.
3. Наследование при полимерном взаимодействии генов. Трансгрессии.
4. Гены – модификаторы.
5. Дискретная природа наследственности.

1.5.2. Краткое содержание вопросов

1. Комплементарное взаимодействие неаллельных генов.

Условия аллельности генов. Независимое наследование двух доминантных неаллельных комплементарных генов. На примере наследования окраски шерсти у крыс. Отклонения от менделеевского расщепления.

2. Эпистатическое взаимодействие неаллельных генов.

Независимое наследование двух доминантных неаллельных эпистатических генов. На примере наследования окраски шерсти у лошадей. Доминантный и рецессивный эпистаз. Отклонения от менделеевского расщепления.

3. Наследование при полимерном взаимодействии генов. Трансгрессии.

Аддитивная, неаддитивная, мультативная полимерия. Примеры: наследование окраски зерна у пшеницы, длины початка у кукурузы, ширины листа у пастушьей сумки. Отклонения от менделеевского расщепления.

4. Гены – модификаторы.

Практическое значение генов-модификаторов в селекции.

5. Дискретная природа наследственности

Физически ген - носитель наследственной информации, - является участком ДНК – неизменного полимера, который в отличие от цитоплазмы не испытывает постоянных превращений. Однако, реально ген существует как целостная система в генотипической среде. Ген как биологическая система – это совокупность структур и процессов, обеспечивающих появление и действие в клетке определённого генного продукта (РНК или белка).

Представление о гене лишь как о некоторой информации о признаке, воплощённой в чередовании разных нуклеотидов ДНК, недостаточно и не правильно. ДНК – это только главное звено в системе действия гена. Ген проявляется на уровне генного продукта (РНК и белка), в особенностях которого выступает его сущность. ДНК, РНК, белок - элементы единой системы гена.

Действие гена распространяется на любое расстояние в клетке и в масштабах организма как целого. Оказывая влияние на цитоплазму, ген испытывает ответное действие, т. к. цитоплазма под действием генов изменяется, в результате чего изменяется, в результате чего изменяются, и условия действия генов. Это позволяет выделить, что ген находится в системе обратной связи. Информация воплощённая в гене становится реальностью когда ген действует, образуются РНК и характерный для гена белок, а вслед за этим появляется контролируемый ферментами, продукт обмена веществ. Всё это происходит в цитоплазме. Единство гена и цитоплазмы неразрывно и постоянно.

1.6. Лекция №6 (2 часа)

Тема: «Хромосомная теория наследственности. Наследование сцепленных признаков. Наследование признаков, сцепленных с полом»

1.6.1. Вопросы лекции:

1. Основные положения хромосомной теории наследственности.
2. Анализ сцепленного наследования.
3. Влияние внешних и внутренних факторов на частоту кроссинговера.
4. Генетическое доказательство кроссинговера.
5. Цитологическое доказательство кроссинговера.
6. Принципы построения генетических карт хромосом.
7. Типы генетической детерминации пола.
8. Хромосомный механизм определения пола.
9. Балансовая теория определения пола.
10. Наследование признаков, сцепленных с полом.

1.6.2. Краткое содержание вопросов

1. Основные положения хромосомной теории наследственности.

Деятельность школы Т.Моргана. Положения хромосомной теории наследственности: 1. гены в хромосомах образуют одну группу сцепления генов; 2. гены в хромосомах располагаются линейно, друг за другом, в определенной последовательности; 3. нарушение сцепления возможно только в результате кроссинговера; 4. частота кроссинговера является средством распознавания расстояния между генами: чем дальше располагаются гены, тем чаще рекомбинация между этими генами; 5. – если гены а, b, c входят в одну группу сцепления генов и известно расстояние между генами а и b, b и c, то расстояние между генами а и c – есть функция суммы или разности между этими отрезками.

2. Анализ сцепленного наследования.

Сцепленное полное и неполное наследование. Кроссоверные и некрассоверные гаметы и особи. Рекомбинанты. Определение расстояния между генами. Составление генетических карт хромосом.

3. Влияние внешних и внутренних факторов на частоту кроссинговера.

Влияние стресса, температур, дефицита питания, мутагенов на частоту кроссинговера.

4. Генетическое доказательство кроссинговера.

Схема генетического доказательства кроссинговера на примере дрозофилы.

5. Цитологическое доказательство кроссинговера.

Схема цитологического доказательства кроссинговера на примере дрозофилы

6. Принципы построения генетических карт хромосом.

Принцип триангуляции.

7. Типы генетической детерминации пола.

Детерминация пола: прогамная, сингамная, эпигамная.

8. Хромосомный механизм определения пола.

Версии сингамного типа определения (примеры – люди, дрозофила, куры, пчелы)

9. Балансовая теория определения пола.

Доказательство роли Y-хромосомы у человека, примеры отсутствия влияния Y-хромосомы на развитие пола насекомых.

10. Наследование признаков, сцепленных с полом.

Сцепленное с полом наследование на примере наследования гемофилии у человека.

1.7. Лекция №7 (2 часа)

Тема: «Цитоплазматическая наследственность»

1.7.1. Вопросы лекции:

1.1. ДНК – материальная основа внеядерной наследственности.

1.2. Пластидная и митохондриальная наследственность.

1.3. ЦМС и ее использование.

1.4. Генетические методы анализа цитоплазматического наследования.

1.5. Получение стерильных аналогов на основе ЦМС.

1.7.2. Краткое содержание вопросов

1. ДНК – материальная основа внеядерной наследственности.

Цитоплазматическая и плазмидная наследственность и изменчивость.

2. Пластидная и митохондриальная наследственность.

Организация пластидной и митохондриальной ДНК и рибосом (сходство с прокариотической ДНК, автономная репликация и синтез белка в митохондриях и пластидах). Мутации митохондриальной ДНК (карликовость колоний дрожжей, нарушения в дыхательной цепи), пестролистность растений как пластидная мутация.

3. ЦМС и ее использование.

Фенотипическое проявление стерильности растений.

4. Генетические методы анализа цитоплазматического наследования.

Выявление ЦМС с помощью реципрокных скрещиваний. Связь между ядерными генами фертильности и факторами цитоплазмы.

5. Получение стерильных аналогов на основе ЦМС.

Возвратные скрещивания (насыщенные скрещивания), применяемые для получения стерильных аналогов фертильной линии. Понятие о линиях-восстановителях фертильности, линиях-закрепителях стерильности.

1.8. Лекция №1 (1 час)

Тема: «Изменчивость»

1.8.1. Вопросы лекции:

1. Классификация изменчивости.

2. Модификационная изменчивость.
3. Комбинативная изменчивость.
4. Развитие взглядов на роль мутационной изменчивости в эволюции.
5. Факторы, вызывающие мутации. Классификация мутаций.
6. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости Н.И. Вавилова.

1.8.2. Краткое содержание вопросов

1. Классификация изменчивости.

Наследственная и ненаследственная изменчивость. Формы наследственной изменчивости.

2. Модификационная изменчивость.

Норма реакции. Адекватность, массовость модификаций.

3. Комбинативная изменчивость.

Кроссинговер и свободное расхождение гомологов после конъюгации, в анафазе I, как причины комбинативной изменчивости.

4. Развитие взглядов на роль мутационной изменчивости в эволюции.

Конфликт между эволюционистами и генетиками, появление синтетической теории эволюции. Эволюционно-генетические исследования привели к выявлению нескольких взаимосвязанных эволюционных факторов, с помощью которых можно, по мнению сторонников синтетической теории, объяснить зарождение и формирование новых видов. Мутационный процесс (1-й эволюционный фактор). Естественно протекающий мутационный процесс все время поставляет новый материал, обогащая тем самым генофонд популяций, делая его все более разнообразным. При этом большая часть мутаций находится в рецессивном состоянии, скрывается в гетерозиготах и не проявляется в фенотипе. Именно эти скрытые в генотипе мутации имеют, с позиций эволюционной генетики, наибольшее значение для эволюции. Они не проявляются в фенотипе, не подвергаются отбору и накапливаются в популяции. Мутационный процесс является случайным и сам по себе не создает новых признаков. В популяциях возникают самые разнообразные мутации, изменяющие исходные признаки и свойства в различных направлениях, осуществляя в классической форме "неопределенную изменчивость" Ч. Дарвина. При этом, согласно правилу Харди-Вайнберга, описывающему частоту встречаемости генов в равновесной популяции свободно скрещивающихся организмов, при отсутствии возмущающих воздействий, таких как повторное мутирование одного и того же гена, отбор или избирательная миграция, т.е. привнесение или убыль аллеля в панмиктической популяции, концентрация генов из поколения в поколение остается неизменной. Поэтому необходимы дополнительные эволюционные факторы, способствующие направленному накоплению мутаций и изменению концентрации генов.

Колебание численности популяций, волны жизни (2-й эволюционный фактор). Изменение численности популяций рассматривалось в эволюционной генетике в качестве эволюционного фактора, выводящего ряд генотипов совершенно случайно и ненаправленно в качестве "кандидатов" на роль новых звеньев в протекающих эволюционных явлениях и процессах и обогащающих основной генофонд населения вида. Еще в 1905 г. С.С. Четвериков опубликовал чрезвычайно интересную работу под заглавием "Волны жизни". В этой работе им было показано, что популяции живых организмов всегда подвержены количественной флуктуации численности и эти "волны жизни" имеют важное эволюционное значение. Основную роль "волн жизни" С.С. Четвериков видел в том, что этот флуктуирующий (и в этом смысле случайный) фактор влияет на направление и интенсивность давления отбора. В дальнейшем его стали рассматривать преимущественно как фактор, влияющий на случайные колебания концентраций разных генотипов и мутаций в природных популяциях.

По мнению генетиков, волны жизни совершенно случайно и резко изменяют концентрацию всех редко встречающихся в популяциях мутаций и генотипов.

Восстанавливающаяся после спада численности популяция включит в свой состав лишь те мутации и генотипы, которые в определенных количественных отношениях присутствуют в репродуктивной совокупности, из которой вновь нарастает численность популяции. При этом ряд присутствовавших в малых концентрациях мутаций совершенно случайно, безотносительно к их селективной ценности исчезнет из популяции. Другие, также находившиеся в предыдущем пике в очень малых концентрациях и случайно оставшиеся в значительно более высоких концентрациях ко времени спада, резко повысят свою концентрацию.

В дальнейшем были выявлены другие варианты действия этого фактора. Э. Майр (1968) предложил так называемый принцип основателя, согласно которому концентрация редких аллелей может существенно повышаться в маргинальных популяциях при заселении новых территорий. Как правило, родоначальниками этих новых популяций являются всего лишь несколько особей, у которых структура генотипа может существенно отличаться от средних значений для данного вида.

В малых популяциях существенное значение приобретают случайные изменения концентраций аллелей, обусловленные случайностью скрещиваний. В результате аллель может либо исчезнуть из популяции, либо, напротив, его концентрация будет увеличиваться вплоть до того, что он станет популяционной нормой. Это явление было открыто Д.Д. Ромашовым и Н.П. Дубининым (1945) и названо ими генетико-автоматическим процессом, однако в мировой литературе получил распространение термин С. Райта "дрейф генов". Роль дрейфа генов в изменении генных частот тем больше, чем меньше численность популяции (обычно менее 500 особей).

Изоляция (3-й эволюционный фактор). Поскольку случайные изменения концентраций мутаций и генотипов не могут сохраняться в панмиктической популяции в условиях свободного скрещивания особей, эволюционной генетике понадобился фактор изоляции, с помощью которого можно было объяснить механизм закрепления возникающих случайно различий. Существуют разные способы изоляции. При географической изоляции происходит пространственный разрыв внутри или между популяциями вследствие расселения или миграции данного вида в новые условия жизни. Биологическая изоляция включает несколько форм - эколого-этологическую, морфофизиологическую и собственно генетическую.

По механизму действия все формы изоляции принципиально сходны: они вызывают и закрепляют групповые различия вследствие нарушения панмиксии, всегда ведущей к нивелировке различий путем скрещиваний, и длительности своего действия. Изоляция не создает новых генотипов. Для появления новых форм путем подразделения популяций или групп популяций необходимо наличие генетической гетерогенности. Иными словами, изоляция, осуществляя начальные стадии и усиливая филогенетическую дивергенцию, всегда взаимодействует с первыми двумя рассмотренными факторами - мутационным процессом и популяционными волнами, поставляющими элементарный эволюционный материал.

Изоляция, по убеждению представителей синтетической теории эволюции, является основным фактором, вызывающим расчленение исходной эволюционной структуры на две или более структуры, отличающиеся одна от другой. В то же время, изоляцию нельзя считать, несмотря на длительность ее действия, направляющим фактором эволюции. Ее влияние на эволюционный материал столь же статистично и ненаправленно как и действие двух предыдущих факторов.

Естественный отбор (4-й эволюционный фактор). Поскольку очевидно, что мутационный процесс, колебания численности популяций и изоляция хотя и могут привести к повышению разнообразия наследственной изменчивости в популяции, сами по себе не могут привести к направленному изменению тех или иных признаков и тем более к формированию новых видов. Поэтому в качестве направляющего фактора эволюции в эволюционной генетике рассматривается естественный отбор. Мутационный процесс и

популяционные волны служат факторами, поставляющими элементарный эволюционный материал, а изоляция во всех ее формах - фактором, определяющим становление и усиление внутри- и межпопуляционной дифференцировки. Все эти три фактора не влияют на направление эволюционного процесса и в этом смысле не являются "творческими". Естественный отбор, действие которого всегда векторизовано, считается единственным и достаточным элементарным фактором, направляющим эволюцию. Благодаря своему направленному действию в природных популяциях отбор обычно перекрывает давление мутационного процесса и популяционных волн, а действие изоляции лишь усиливает эффективность отбора. Теоретически эти внутривидовые процессы должны завершаться эволюционно значимыми изменениями вида во времени.

5. Факторы, вызывающие мутации. Классификация мутаций.

Генные, хромосомные, геномные, плазматические мутации.

6. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости Н.И. Вавилова

Цитаты из книги: Н. И. Вавилов Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. Ответственный редактор член-корреспондент АН СССР И. А. РАПОПОРТ ЛЕНИНГРАД «НАУКА» ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ 1987, 256 с.

«1. Виды и роды, генетически близкие, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть нахождение параллельных форм у других видов и родов. Чем ближе генетически расположены в общей системе роды и линнеоны, тем полнее сходство в рядах их изменчивости.

2. Целые семейства растений в общем характеризуются определенным циклом изменчивости, проходящей через все роды и виды, составляющие семейство».

1.9.1. Лекция №9 (1 час)

Тема: «Индукцированный мутагенез. Полиплоидия. Отдалённая гибридизация»

1. Вопросы лекции:

1. Физические мутагены. Понятие о радиорезистентности и критических дозах облучения.

2. Химические мутагены.

3. Классификация полиплоидов.

4. Индуцированная полиплоидия.

5. Автополиплоидия.

6. Аллополиплоидия.

7. Анеуплоидия.

8. Гаплоидия.

9. Значение отдалённой гибридизации в эволюции и в практике селекции.

10. Работы И.В. Мичурина.

1.9.2. Краткое содержание вопросов

1. Физические мутагены. Понятие о радиорезистентности и критических дозах облучения.

Спонтанный мутагенный фон, факторы, участвующие в его формировании. Индуцированное воздействие ионизирующей радиации, практическое значение в селекции растений.

2. Химические мутагены.

Спонтанный и индуцированный мутагенез. Практическое значение химического мутагенеза в селекции растений.

3. Классификация полиплоидов.

Аллополиплоиды, автополиплоиды, анеуплоиды в селекции и экспериментальной биологии.

4. Индуцированная полиплоидия.

Метод колхицинирования. Полиплоидный ряд.

5. Автополиплоидия.

Оптимальный коэффициент полиплоидизации. Геномный анализ в определении оптимального коэффициента полиплоидизации.

6. Аллополиплоидия.

Амфигаплоиды и амфидиплоиды. Проблема совместимости геномов в отдаленной гибридизации. Получение фертильных аллополиплоидов.

7. Анеуплоидия.

Геномные мутации, позволяющие выявлять место локализации генов. Роль анеуплоидов в селекции.

8. Гаплоидия.

Гаплоидный метод селекции как ускоренный способ получения чистых линий в селекции растений.

9. Значение отдаленной гибридизации в эволюции и в практике селекции.

Отдаленная гибридизация между древесными, травянистыми культурами.

Взаимовлияние геномов.

10. Работы И.В. Мичурина.

Работы по отдаленной гибридизации И.В. Мичурина. Взаимовлияние подвоя и привоя при предварительном вегетативном сближении родительских видов и рас. Преодоление прогамной несовместимости с помощью смеси пыльцы. Воспитание гибридных саженцев.

1.10. Лекция №10 (2 часа)

Тема: «Инбридинг и гетерозис»

1.10.1. Вопросы лекции:

1. Способы скрещиваний при внутривидовой гибридизации

2. Определение комбинационной способности.

3. Теории, объясняющие явление гетерозиса.

1.10.2. Краткое содержание вопросов

1. Способы скрещиваний при внутривидовой гибридизации.

Инбридинг (инцухт), аутбридинг – целевое назначение скрещиваний. Депрессия при инбридинге. Причины инцух-депрессии. Гетерозис.

2. Определение комбинационной способности.

Определение общей и специфической комбинационной способности при межлинейных скрещиваниях.

3. Теории, объясняющие явление гетерозиса.

Теория сверхдоминирования, объясняющая гетерозис через восстановление гетерозиготности большинства аллелей - биологической нормы для перекрестников и животных. Важность наличия в геноме альтернативных аллелей у перекрестников и животных. Теория доминирования, объясняющая гетерозис, как явление, базирующееся на взаимодействии неаллельных доминантных генов, вступающих в комплементарное, полимерное действие, а также как явление, при котором исключается приоритет рецессивных эпистатических генов и восстанавливается экспрессия полезных генов на фоне действия доминантных генов-модификаторов.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторные работы № 1 (6 часов).

Тема: Цитологические основы наследственности

п/тема 1. Морфология и идентификация хромосом. Кариотипирование. Методика приготовления давленных препаратов по изучению митоза и митотической активности ткани.

2.1.1 Цели занятия: Овладеть методом кариотипирования и методикой приготовления рутинных препаратов.

2.1.2 Задачи работы:

1. Приобрести практические навыки идентификации хромосом по принципу гомологии;
2. Познакомиться с разрешающей способностью кариологических исследований;
3. Получить представления о цитогенетическом анализе.

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе: микрофотографии с изображением наборов хромосом.

Объяснение. Изучение данных вопросов имеет большое теоретическое и практическое значение. Оно составляет основу для:

1. Характеристики кариотипа видов культурных растений;
2. Изучения возможных вариантов изменчивости кариотипа;
3. Выявления кариологических признаков, присущих определенным видам – донорам специфических хозяйственно-ценных признаков и свойств;
4. Выявления кариологических различий сортов и разновидностей одного вида.
5. Анализа изменчивости хромосом, связанной с их перестройками и утратой или прибавлением отдельных хромосом;
6. Распознавания хромосомных комплексов одних видов в составе других, что позволяет составить представление о происхождении вида, воссоздать в эксперименте процесс образования видов, синтезировать новые виды.

Методика описания морфологии хромосом разработана Г.А.Левитским в 1931 году. Разрешающая способность кариологических исследований значительно повысилась после введения в практику методов дифференциального окрашивания хромосом, которые позволяют выявить специфическую исчерченность хромосом.

2.1.4 Описание (ход) работы:

Задание 1. Изучить общие особенности в строении метафазных хромосом; показатели, определяющие форму хромосом.

Указать на схеме хромосомы: хроматиду, центромеру, спутник, вторичную перетяжку, плечо.

Задание 2. Охарактеризовать возможные формы метафазных хромосом и соответствующий им плечевой индекс в таблице 1.

Таблица 1. Формы метафазных хромосом

Название	Схематическое изображение	Плечевой индекс

Задание 3.

Изучить морфологические показатели, которыми пользуются при идентификации хромосом. Описать понятия и термины: кариотип, кариограмма, идиограмма, гомологичные хромосомы, гетерохроматиновые участки, эухроматиновые участки,

Задание 4.

Познакомиться с правилами описания кариотипа (формула Карнашина).

При описании кариотипа пользуются следующими условными обозначениями:

L - длинные хромосомы

M - средней длины

S - короткие

L_m - длинные метацентрические

L_s - длинные субметацентрические

L_a - длинные акроцентрические

L_m^t - длинные метацентрические спутничные

L_m^c - длинные метацентрические со вторичной перетяжкой

M_m - средней длины метацентрические

Формула кариотипа ржи (2n = 14)

3L_m + 1L_m^c + 1L_s + 1M_m + 1M_s^t

Цифра перед буквой указывает на число сходных хромосом в гаплоидном наборе.

Задание 5. Изучить основные этапы приготовления временных цитологических препаратов на примере изложенной ниже методики (фиксация, мацерация, окрашивание).

Методика приготовления давленных препаратов по изучению митоза, митотической активности и подсчета числа хромосом в корешках растений

Процесс приготовления давленных препаратов состоит из ряда последовательных операций.

В качестве фиксирующей жидкости может служить измененный фиксатор Кларка, состоящий из трех частей 96%-ного спирта и одной части ледяной уксусной кислоты (3:1). Кончики корешков помещают на предметное стекло в каплю фиксирующей жидкости на 1-5 минут и затем полоской фильтровальной бумаги удаляют фиксатор и из капельницы наносят на объект несколько капель ацетокармина, после чего препарат подогревают на спиртовке до вскипания жидкости. Затем осторожно раздавливают корешок, переносят его на чистое предметное стекло в каплю ацетокармина и покрывают покровным стеклом. Если при наблюдении под микроскопом окажется, что ядра и хромосомы окрашены недостаточно четко, препарат необходимо снова подогреть. Из хорошо окрашенного препарата с помощью фильтровальной бумаги удаляют избыток ацетокармина и добавляют 1-2 капли глицерина, обеспечивающего сохранность препарата, кроме того глицерин способствует и лучшей дифференциации препарата.

Приготовленные подобным образом препараты могут храниться достаточно продолжительное время при условии, если края покровного стекла закапать парафином или воском, или заделать в глицерин-желатин.

Перевод временных препаратов в постоянные: временный препарат заморозить, лезвием бритвы поднять покровное стекло; поместить препараты в ксилол на 5 минут; заключить препарат в канадский бальзам.

Контрольные вопросы:

1. Назвать и охарактеризовать формы метафазных хромосом.
2. Почему форму хромосом изучают в метафазу?
3. Назвать критерии идентификации хромосом.
4. Какое значение имеет изучение формы и идентификация хромосом?
5. Назвать и описать фазы митоза.
6. Описать события интерфазы.
7. В чем заключается генетический смысл S-периода интерфазы?
8. О чем свидетельствует изменение значения митотического индекса?

2.2. Лабораторная работа №2 (2 часа)

Тема: Цитологические основы наследственности

2 п/тема. Мейоз. Главные процессы мейоза. Спорогенез и гаметогенез у растений. Двойное оплодотворение. Геномный анализ.

2.2.1 Цель занятия: 1. Усвоить сущность и генетический смысл главных процессов мейоза и связать их комбинационной изменчивостью.

2. Ознакомиться с примерами нарушения мейоза у растений.

2.2.2 Задачи работы:

1. Изучить сущность и генетический смысл конъюгации;
2. Изучить сущность и генетический смысл кроссинговера;
3. Определить причины пониженной плодовитости, стерильности у гибридов при отдаленной гибридизации, у автополиплоидов, анеуплоидов, гаплоидов, мутантов.
4. Ознакомиться с особенностями мейоза у отдаленных гибридов, автополиплоидов, мутантов.

2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе: микрофотографии.

Задание 1. Описать термины: бивалент, конъюгация, кроссинговер, хиазмы, гаметы.

Задание 2.

1. Изучите и зарисуйте схему конъюгации и распределения хромосом в первом мейотическом делении. Укажите на рисунке какие и сколько типов гамет образуется при каждом варианте распределения хромосом.

Задание 3.

1. Изучите рисунок. Обратите внимание на симметричное расположение хромосом, разошедшихся к полюсам. Такое расположение свидетельствует о том, что конъюгация была правильной, а симметрично расположенные хромосомы разных полюсов (a и a_1 ; b и b_1 ; c и c_1) входили в состав одного бивалента. Зарисуйте схематично симметричное расположение хромосом a , a_1 ; b , b_1 ; c , c_1 и опишите с чем это связано. Обратите внимание на то, что хромосомы имеют вид галочки. О чем это свидетельствует?

Задание 4:

1. Изучите и зарисуйте схему и цитологическую картину результатов кроссинговера при двойном и одинарном перекресте хромосом. Обратите внимание на типы бивалентов в связи с формой конъюгирующих хромосом и чем они определяются.
2. Укажите на рисунке кольцевые и палочковидные биваленты с наличием хиазм и без них.

Задание 5. Опишите нарушения мейоза при действии гамма-облучения на мейоз.

Задание 6. Описать термины и понятия: синапсис, асинапсис, десинапсис, ложные униваленты, истинные униваленты, изохромосомы, аллополиплоиды, автополиплоиды, амфидиплоиды, анеуплоиды.

Задание 7:

1. Проведите сравнение двух данных метафазных пластинок по характеру конъюгации хромосом в мейозе (у пырея сизого и пшенично-пырейного гибрида). Установите различие и причины.
2. На основании чего можно утверждать, что хромосомы, отошедшие к полюсам, не конъюгировали?
3. Сколько хромосом при делении данной клетки будут содержать гаметы?

Задание 8. Опишите формулой характер конъюгации хромосом, представленной в метафазе тетраплоидной ржи. Укажите для этого случая число хромосом в гаметах. Какой будет жизнеспособность гамет и плодовитость растения?

Задание 9:

1. Опишите, в чем проявляется нарушение конъюгации у каждого из шести мутантов, несущих транслокации в кариотипе?
2. Укажите, в чем может проявляться нарушение в анафазе 1 у этих мутантов и как это будет отражаться на разнообразии гамет по числу хромосом, жизнеспособности пыльцы и плодовитости растений?

Контрольные вопросы:

1. В какую фазу мейоза происходит конъюгация хромосом? кроссинговер?
2. Редукционное или эквационное деление в мейозе обеспечивает комбинативную изменчивость?
3. Каково генетическое значение независимого распределения гомологов после конъюгации и кроссинговера?
4. Что свидетельствует о гомологичности конъюгирующих хромосом?
5. О чем свидетельствует форма бивалентов?
6. Как реально обнаружить результаты кроссинговера? С помощью какого метода генетики это можно сделать?

2.3. Лабораторная работа №3 (2 часа)

**Тема: Цитологические основы наследственности
(Коллоквиум 1)**

2.3.1. Цель занятия: Обобщить знания по разделу «Цитологические основы наследственности».

2.3.2. Задачи работы:

1. Обобщить знания, полученные на лабораторных работах.
2. Интегрировать знания, полученные из различных источников: учебника, интернет ресурсов, курса лекций, лабораторных работ.
3. Текущая аттестация знаний.

2.3.3. Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе: специальное оборудование не предусмотрено; материалы самостоятельной и аудиторной работы - конспекты лекций, лабораторных работ, коллоквиума.

2.4. Лабораторная работа №4 (2 часа)

Тема: Молекулярные основы наследственности (решение задач, коллоквиум 2)

2.4.1. Цель занятия: Получить представления о молекулярных механизмах наследственности и изменчивости.

2.4.2. Задачи работы:

1. Моделировать репликацию (редупликацию) ДНК, транскрипцию, трансляцию, используя правило Чаргаффа.
2. Моделировать точковую мутацию и определить тип мутации.
3. Текущая аттестация знаний.

2.4.3. Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе: индивидуальный раздаточный материал – сборники задач. Материалы самостоятельной и аудиторной работы - конспекты лекций, лабораторных работ, коллоквиума.

Задание – изучить решение типовой задачи и решить задачу из сборника задач.

Типовая задача по молекулярным основам наследственности:

Одна из цепочек ДНК имеет следующее чередование нуклеотидов:

А-Г-Г-Ц-А-Т-Т-Ц-Г-Ц-Г-А. Определите последовательность нуклеотидов в комплементарной цепи ДНК. Опишите транскрипцию и трансляцию данной цепи. Выпишите т-РНК, кодирующие цепь.

Представьте модель точковой мутации при вставке нуклеотида Г между шестым и седьмым нуклеотидами. Определите характер мутации.

Решение

1. Строим цепь, комплементарную исходной цепочке ДНК:

исходная цепь ДНК

А-Г-Г-Ц-А-Т-Т-Ц-Г-Ц-Г-А

комплементарная цепь ДНК

Т-Ц-Ц-Г-Т-А-А-Г-Ц-Г-Ц-Т

2. Моделируем транскрипцию исходной цепочки ДНК, разбиваем цепь и-РНК на триплеты (кодоны) и, пользуясь генетическим кодом, расшифровываем структуру белка (моделируем трансляцию):

ДНК–матрица

А-Г-Г-Ц-А-Т-Т-Ц-Г-Ц-Г-А

и-РНК

У-Ц-Ц-Г-У-А-А-Г-Ц-Ц-У

белок

серин–валин–серин–аланин

3. Выписываем антикодоны т-РНК по кодонам и-РНК:

кодон $\frac{\text{У-Ц-Ц}}{\text{А-Г-Г}}$ } **серин**

кодон $\frac{\text{Г-У-А}}{\text{Ц-А-У}}$ } **валин**

кодон $\frac{\text{А-Г-Ц}}{\text{У-Ц-Г}}$ } **серин**

кодон $\frac{\text{ГЦУ}}{\text{ЦГА}}$ } **аланин**

3. Если произойдет вставка, выпадение или замена нуклеотида, то изменится состав и количество аминокислот в белке. Например в данной цепи, вставка нуклеотида, содержащего гуанин, между шестым и седьмым нуклеотидами приводит к изменению и-РНК и состава аминокислот в молекуле белка:

ДНК-матрица (мутантная) $\frac{\text{А-Г-Г-Ц-А-Т-Г-Т-Ц-Г-Ц-Г-А}}{\text{У-Ц-Ц-Г-У-А-Ц-А-Г-Ц-Г-Ц-У}}$
и-РНК
белок (мутантный) **серин-валин-глутамин-аргинин**

Если в результате точковой мутации в измененной структуре белка обнаруживается терминальный (бессмысленный, стоп-триплет), то делают заключение о прерывании полипептидной цепи. Точковые мутации можно классифицировать на:

1.«миссенс-мутации» – когда изменяется только состав аминокислот в цепи;

2.«нонсенс-мутации» – когда наблюдают прерывание белка сразу после изменения структурного гена;

3.мутации типа «сдвига рамки считывания» генетической информации – когда наблюдают оба события.

2.5. Лабораторная работа №5 (2 часа)

**Тема: Закономерности наследования при внутривидовой гибридизации.
Генетический анализ (решение задач).**

2.5.1. Цель занятия: Получить представления об основных законах наследования признаков при внутривидовой гибридизации.

2.5.2. Задачи работы:

1. Закрепить знания законов Менделя.

2. Продемонстрировать знания законов при решении задач.

2.5.3. Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:
индивидуальный раздаточный материал – сборники задач.

Задание – изучить решение типовой задачи и решить задачу из сборника задач.

Типовая задача на моногибридное скрещивание:

Растения ячменя, имеющие двурядный колос, скрещивали с растениями, имеющими многорядный колос. В F_1 было получено 22 растения. Все они имели двурядный колос, в F_2 - было 116 растений.

а) Сколько растений в F_1 могли быть гетерозиготными?

- б) Сколько разных фенотипов и генотипов может образоваться F_2 и в каком отношении происходит расщепление?
- в) Сколько растений F_2 могут иметь многорядный колос?
- г) Сколько растений с двурядным колосом могут дать нерасщепляющее потомство?

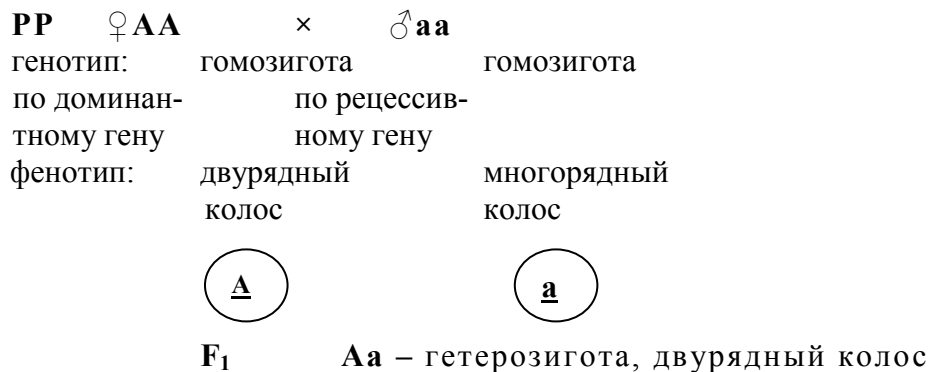
Решение

1. Записываем условные обозначения генов:

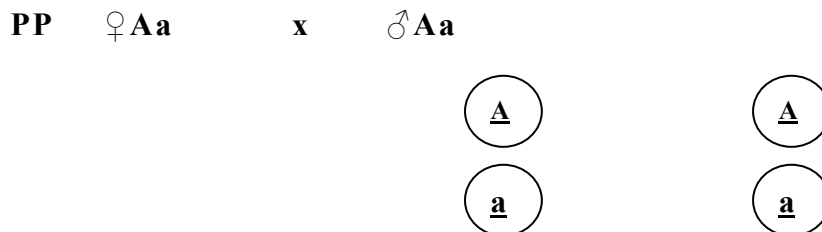
A – ген, обуславливающий развитие двурядного колоса ячменя.

a – ген, обуславливающий развитие многорядного колоса ячменя.

2. Записываем генотипы родительских форм и составляем схему скрещивания:



Самоопыление растений F_1 :



3. В таблице Пеннета представляют потомство от данного скрещивания в виде долей. При моногибридном наследовании все потомство F_2 делится на четыре части. Построим таблицу Пеннета и определим типы зигот, которые могут сформироваться при оплодотворении:

F_2

Гаметы	<u>A</u>	<u>a</u>
<u>A</u>	AA	Aa
<u>a</u>	Aa	aa

Анализ решетки Пеннета

Выписываем все генотипы из таблицы Пеннета и определяем частоты их встречаемости:

AA – 1 – двурядный колос

Aa – 2 – двурядный колос

aa – 1 – многорядный колос

Расщепление по генотипу: **1:2:1**. Расщепление по фенотипу: **3:1**.

4. Отвечаем на вопросы к задаче. При ответе на вопросы надо вспомнить о содержании первого и второго законов Менделя. Гибридное поколение **F₁**, полученное от скрещивания гомозиготных родителей, единообразно, обладает гетерозиготным генотипом и проявляет доминантный признак. Гибридное поколение **F₂**, полученное при самоопылении **F₁**, выщепляет рецессивные признаки в количестве $\frac{1}{4}$ от всего потомства.

5. Ответы к типовому заданию:

а) Все 22 растения **F₁** гетерозиготны.

б) В **F₂** образовалось два фенотипа в соотношении 3:1 и три генотипа в соотношении 1:2:1.

в) В **F₂** 29 растений от могут иметь могорядный колос.

г) В **F₂** 29 растений с двурядным колосом дают нерасщепляющееся потомство (гомозиготны).

Дополнительное задание к задаче на моногибридное скрещивание:

Произведите анализ гибридного поколения **F₂**, используя анализирующее скрещивание.

Решение.

В гибридном поколении **F₂** наблюдаем два разных генотипа, проявляющих одинаковый фенотип:

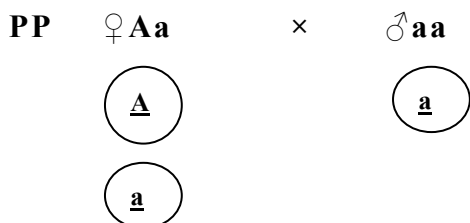
AA – 1 – двурядный колос

Aa – 2 – двурядный колос.

Для того, чтобы разделить поколение **F₂** на гомозиготы и гетерозиготы надо использовать *анализирующее скрещивание*. В качестве *анализатора* выступает рецессивный родительский генотип **aa**.



Это означает, что анализируемая форма **гомозигота** по доминантному гену.



Строим решетку Пеннета:

Fa

Гаметы	<u>a</u>
<u>A</u>	Aa
<u>a</u>	aa

Наблюдаем расщепление: **Aa** – 1 – двурядный колос; **aa** – 1 – многорядный колос. Следовательно, анализируемая форма является **гетерозиготой**.

Типовая задача на дигибридное скрещивание:

Гомозиготное растение томата с высоким стеблем и красными плодами было скрещено с гомозиготным растением, имеющим низкий стебель и желтые плоды. В **F₁** получено 18 растений. Все растения **F₁** имели высокий стебель и красные плоды. В **F₂** получено 144 растения.

- Сколько разных фенотипов и генотипов может быть в **F₂**?
- Сколько растений в **F₂** могут иметь низкий стебель и красные плоды?
- Сколько растений **F₂** могут иметь низкий стебель и желтые плоды?

Решение

При решении задачи следует соблюдать такую последовательность:

- Записываем условные обозначения генов:

A - ген высокорослости стебля,
a - ген низкорослости стебля,
B - ген красной окраски плодов,
b - ген желтой окраски плодов.

- Записываем генотипы родителей в соответствии с условием задачи и составляем схему скрещивания:

PP	♀ AABV	×	♂ aa vv
генотип:	гомозигота по обеим		гомозигота по обеим
	парам доминантных		парам рецессивных
	генов		генов
фенотип:	высокий стебель, красные плоды		низкий стебель, желтые плоды
	<u>A B</u>		<u>a v</u>

F₁ AaBv – дигетерозигота,
высокий стебель, красные плоды

Самоопыление растений F₁:

PP	♀ AaBb	×	♂ AaBb
	AB		AB
	ab		ab
	Ab		Ab
	aB		aB

6. Построим таблицу Пеннета и определим типы зигот, которые могут сформироваться при оплодотворении:

F ₂					
♂ \ ♀		AB	Ab	aB	ab
	AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
	Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
	aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
	ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Анализ решетки Пеннета

Выписываем все разные генотипы из решетки Пеннета и определяем частоты их встречаемости:

AABB – 1 – высокие красноплодные
AABb – 2 – высокие красноплодные
AAbb – 1 – высокие желтоплодные
aaBB – 1 – низкие красноплодные
aaBb – 2 – низкие красноплодные
aabb – 1 – низкие желтоплодные
AaBB – 2 – высокие красноплодные
AaBb – 4 – высокие красноплодные
Aabb – 2 – высокие желтоплодные

Расщепление по генотипу составляет - 4:2:2:2:1:1:1:1

Расщепление по фенотипу составляет - 9:3:3:1.

Ответы на вопросы к задаче:

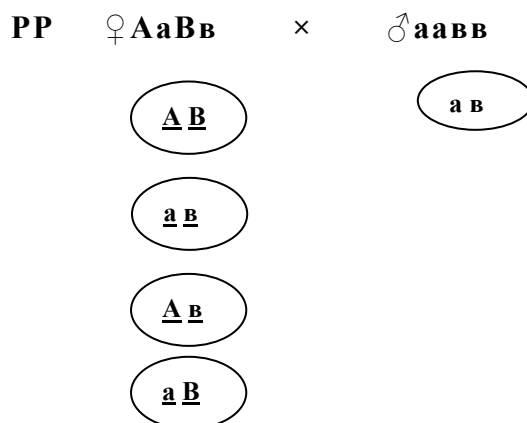
- В F₂ четыре фенотипа и девять генотипов.
- В F₂ 27 растений (3/16 от F₂) будут иметь низкий стебель и красные плоды.
- В F₂ 9 растений (1/16 от F₂) будут иметь низкий стебель и желтые плоды.

Дополнительное задание к задаче на дигибридное скрещивание:

Произведите возвратное скрещивание F₁ с родительскими гомозиготными формами.

Решение.

1. Приводим возвратное скрещивание с рецессивной родительской формой:



Построим решетку Пеннета.

F_a

♀ ♂	<u>a</u> <u>b</u>
<u>A</u> <u>B</u>	AaBb
<u>a</u> <u>b</u>	aabb
<u>a</u> <u>B</u>	aaBb
<u>A</u> <u>b</u>	Aabb

Анализ решетки Пеннета

AaBb – 1 – высокие красноплодные

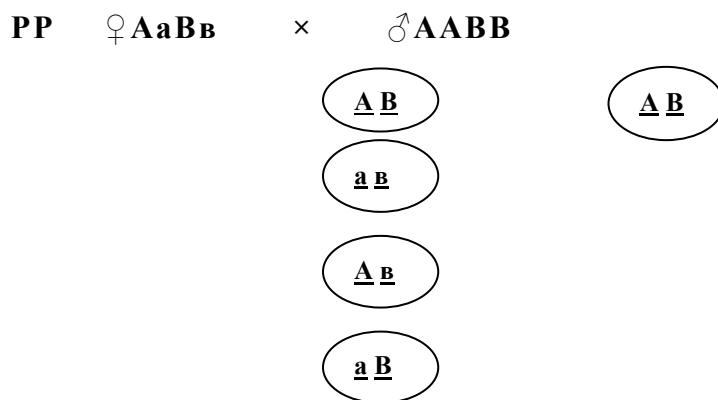
Aabb – 1 – высокие желтоплодные

aaBb – 1 – низкие красноплодные

aabb – 1 – низкие желтоплодные

Расщепления по генотипу и фенотипу совпадают - 1:1:1:1

2. Приводим возвратное скрещивание с доминантной родительской формой:



Построим таблицу Пеннета

F_a

♀ ♂	<u>A</u> <u>B</u>
<u>A</u> <u>B</u>	AABB
<u>a</u> <u>b</u>	AaBb
<u>a</u> <u>B</u>	AaBB
<u>A</u> <u>b</u>	AABb

Анализ решетки Пеннета

AABB – 1 – высокие красноплодные

AABb – 1 – высокие красноплодные

AaBB – 1 – высокие красноплодные

AaBb – 1 – высокие красноплодные

Расщепление по генотипу - 1:1:1:1

Расщепления по фенотипу - нет

2.6. Лабораторная работа №6 (2 часа)

Тема: Наследование признаков при взаимодействии генов (решение задач).

2.6.1. Цель занятия: Получить представления о законах наследования признаков при взаимодействии неаллельных генов.

2.6.2. Задачи работы:

1. Закрепить знания о неаллельных взаимодействиях генов.
2. Продемонстрировать знания законов при решении задач.

2.6.3. Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе: индивидуальный раздаточный материал – сборники задач.

Задание – изучить решение типовой задачи и решить задачу из сборника задач.

Типовая задача на комплементарное взаимодействие генов:

Одним из типов взаимодействия неаллельных генов является комплементарность, открытая впервые Бетсоном и Пеннетом у душистого горошка. Комплементарными называются неаллельные гены, которые при совместном действии в гомозиготном и гетерозиготном состоянии вызывают развитие нового признака, отсутствующего у родителей.

В опыте Бэтсона и Пеннета при скрещивании 2 сортов душистого горошка с белыми цветками были получены растения F₁ с пурпурными цветками. В F₂, полученном от самоопыления F₁, наблюдалось расщепление растений по окраске цветков в отношении 9 пурпурных : 7 белых. Такой характер расщепления может быть объяснен, что пурпурная окраска цветков может проявляться при наличии в генотипе 2 комплементарных генов в доминантном состоянии – А-В-. Если присутствует в доминантном состоянии только один из комплементарных генов, а другой находится в рецессивном состоянии или оба находятся в рецессивном состоянии, то у растений проявляется только белая окраска цветков.

Решение задачи.

1. Составить схему скрещивания и определить характер расщепления по генотипу и фенотипу в соответствии с типом взаимодействия неаллельных генов.

В данном примере растения белоцветковых сортов имели следующие генотипы:

РР ♀ ААВВ × ♂ ааВВ - белоцветковые растения

Гаметы:

А В

а В

F₁ АаВв - дигетерозиготы, красноцветковые растения

РР ♀ АаВв × ♂ АаВв

Гаметы:

А В

А В

а в

а в

А в

А в

а В

а В

2. Построить решетку Пеннета и произвести анализ гибридов F₂ по фенотипу и генотипу:

F₂

Гаметы	<u>А В</u>	<u>А в</u>	<u>а В</u>	<u>а в</u>
<u>А В</u>	ААВВ	ААВв	АаВВ	АаВв
<u>А в</u>	ААВв	ААвв	АаВв	Аавв
<u>а В</u>	АаВВ	АаВв	ааВВ	ааВв
<u>а в</u>	АаВв	Аавв	ааВв	аавв

Анализ расщепления:

ААВВ -1 - пурпурные

ААвв -1 - белые

ААВв -2 - пурпурные

ааВВ -1 - белые

аавв -1 - белые

ааВв -2 - белые

АаВв -4 - пурпурные

АаВВ -2 - пурпурные

Аавв -2 - белые

Расщепление по генотипу составляет - 4:2:2:2:1:1:1:1

Расщепление по фенотипу составляет – 9:7

Форма записи в виде радикалов:

Растения с пурпурными цветками:

А- (А,а) В(В,в) - 9/16

Растения с белыми цветками:

А- (А,а) вв -3/16

ааВ-(В,в) - 3/16

аавв -1/16

Таким образом, при такого типа комплементарном взаимодействии генов расщепление по фенотипу будет 9:7; по генотипу: 4:2:2:2:2:1:1:1:1.

Типовая задача на эпистатическое взаимодействие генов:

Эпистазом называется взаимодействие между двумя парами неаллельных генов, при котором происходит подавление действия одного гена другим, неаллельным геном ($A < B$ или $A > B$). Гены, подавляющие действие других генов, называются ингибиторами или супрессорами. Ген, подавляющий проявление другого гена, обычно называется эпистатическим, а подавляемый ген – гипостатическим. В случае доминантного эпистаза – ингибитор (эпистатический ген) доминантный, а при рецессивном эпистаза ген – ингибитор – рецессивный. В случае доминантного эпистаза могут быть в F_2 два типа расщепления 12:3:1 или 13:3, при рецессивном эпистаза расщепление может быть 9:7 или 9:3:4.

У тыквы окраска плодов определяется эпистатическим взаимодействием генов. Желтую окраску будут иметь растения с генотипом $iiA_{(A,a)}$, зеленую окраску – с генотипом $ii aa$. Проявление этой окраски может подавляться доминантным геном – ингибитором I . В его присутствии растения будут иметь белую окраску плода. Определить расщепление по генотипу и фенотипу в F_2 .

Решение задачи:

1. Выписать генотипы родителей и составить схему скрещивания:

$PP \text{ ♀ } PAA \times \text{ ♂ } iiaa$
 белые зеленые
 плоды плоды
 гаметы:

$I A$

$i a$

$F_1 \quad IiAa$ – дигетерозиготы, белые плоды

$PP \text{ ♀ } IiAa \times \text{ ♂ } IiAa$
 гаметы:

$I A$	$I A$
$I a$	$I a$
$i A$	$i A$
$i a$	$i a$

2. Составить решетку Пеннета и произвести анализ гибридов F_2 по фенотипу и генотипу:

F_2

Гаметы	$I A$	$i A$	$I a$	$i a$
$I A$	$IIAA$	$IiAA$	$IIAa$	$IiAa$
$i A$	$IiAA$	$iiAA$	$IiAa$	$iiAa$
$I a$	$IiAa$	$IiAa$	$IIaa$	$Iiaa$
$i a$	$IiAa$	$iiAa$	$Iiaa$	$ii aa$

Анализ расщепления:

ПАА – 1 - белые
 ПАа – 2 - белые
 Паа – 1 - белые
 iiAA – 1 - желтые
 iiAa – 2 - желтые
 iiaa – 1 - зеленые
 IiAA – 2 - белые
 IiAa – 4 - белые
 Iiaa – 2 - белые

Форма записи в виде радикалов:

Белые плоды 12/16 - $I_{-(I,i)} A_{-(A,a)}, I_{-(I,i)} aa$
 Желтые плоды 3/16 - $ii A_{-(A,a)}$
 Зеленые плоды 1/16 - $iiaa$

Таким образом, при таком эпистазе расщепление в F_2 по фенотипу: 12:3:1.

Типовая задача на полимерное взаимодействие генов:

Количественные или мерные признаки (высота растений, вес животных, количество молока и его жирность, содержание белка в эндосперме зерновки кукурузы или пшеницы и др.) наследуются полимерно. Полимерией называется такое явление, когда развитие того или иного признака организма обусловлено взаимодействием двух или более пар генов, оказывающих сходное взаимодействие на развитие этого признака. Такие гены называются полимерными или множественными и обозначаются одинаковыми буквами латинского алфавита с соответствующим индексом. Например: $A_1A_1A_2A_2A_3A_3$ или $a_1a_1a_2a_2a_3a_3$.

Явление полимерии было открыто в 1908 г. Нильсоном-Эле, который изучал наследование окраски зерен у гибридов, полученных при скрещивании краснозерных и белозерных форм пшеницы. В F_1 наблюдалось промежуточное проявление признака, а в F_2 - расщепление в отношении 6:4:4:1:1. Такой характер расщепления можно объяснить тем, что красную окраску зерновки у пшеницы обуславливают два однозначных доминантных гена, имеющих сходное действие на развитие признака (гены – A_1A_2). Рецессивные аллели этих генов – a_1a_2 обуславливают белую окраску зерновки. Число доминантных генов в генотипе определяется интенсивностью окраски зерновки: чем больше доминантных генов будет в генотипе, тем интенсивнее будет окраска зерновки. Такое взаимодействие полимерных генов называется кумулятивной полимерией. В этом случае в F_2 наблюдаются все переходы от интенсивно-окрашенных до почти белых зерновок. Фенотипы образуют непрерывный ряд изменчивости по данному полимерному признаку.

У пшеницы темно-красная окраска зерновки обусловлена двумя парами полимерных генов $A_1A_1A_2A_2$. Белая окраска обусловлена рецессивными генами $a_1a_1a_2a_2$. Если в генотипе присутствуют 3 доминантных гена, окраска зерновки будет красной, 2- светло-красной, 1- бледно-красной.

Скрещивали 2 сорта пшеницы, один из них имел темно-красную зерновку, другой белую. В F_1 получено 22 растения. В F_2 было получено 64 растения F_2 .

1. Сколько растений F_1 имели светло-красную окраску зерновки?
2. Сколько растений F_2 имели светло-красную окраску зерновки?
3. Сколько растений F_2 имели красную окраску зерновки?
4. Сколько растений F_2 имели белую окраску зерновки?
5. Сколько растений F_2 , имеющих темно-красную зерновку, при самоопылении давали нерасщепляющееся потомство?

Решение задачи:

1. Выписать генотипы родителей и составить схему скрещивания.

PP ♀ $A_1A_1A_2A_2$ × ♂ $a_1a_1a_2a_2$

гаметы:

$\underline{A_1} \underline{A_2}$

$\underline{a_1} \underline{a_2}$

F₁ $A_1a_1A_2a_2$ - 22 растения, все светло-красные,
так как содержат в генотипе только два доминантных гена – A_1 и A_2 .

Самоопыление F₁

PP ♀ $A_1a_1A_2a_2$ × ♂ $A_1a_1A_2a_2$

гаметы:

$\underline{A_1} \underline{A_2}$

$\underline{A_1} \underline{A_2}$

$\underline{A_1} \underline{a_2}$

$\underline{A_1} \underline{a_2}$

$\underline{a_1} \underline{A_2}$

$\underline{a_1} \underline{A_2}$

$\underline{a_1} \underline{a_2}$

$\underline{a_1} \underline{a_2}$

2. Составить решетку Пеннета и произвести анализ гибридов F₂ по фенотипу и генотипу:

F ₂				
Гаметы	$\underline{A_1} \underline{A_2}$	$\underline{A_1} \underline{a_2}$	$\underline{a_1} \underline{A_2}$	$\underline{a_1} \underline{a_2}$
$\underline{A_1} \underline{A_2}$	$A_1A_1A_2A_2$	$A_1A_1A_2a_2$	$A_1a_1A_2A_2$	$A_1a_1A_2a_2$
$\underline{A_1} \underline{a_2}$	$A_1A_1A_2a_2$	$A_1A_1a_2a_2$	$A_1a_1A_2a_2$	$A_1a_1a_2a_2$
$\underline{a_1} \underline{A_2}$	$A_1a_1A_2A_2$	$A_1a_1A_2a_2$	$a_1a_1A_2A_2$	$a_1a_1A_2a_2$
$\underline{a_1} \underline{a_2}$	$A_1a_1A_2a_2$	$A_1a_1a_2a_2$	$a_1a_1A_2a_2$	$a_1a_1a_2a_2$

$A_1A_1A_2A_2$ - 1 - темно-красная
 $A_1A_1A_2a_2$ - 2 - красная
 $A_1a_1A_2A_2$ - 2 - красная
 $a_1a_1A_2A_2$ - 1 – светло-красная
 $A_1A_1a_2a_2$ - 1 - светло-красная
 $A_1a_1A_2a_2$ - 4 - светло-красная
 $a_1a_1A_2a_2$ - 2 - бледно-красная
 $a_1a_1A_2a_2$ - 2 - бледно-красная
 $a_1a_1a_2a_2$ - 1 - белая

1/16 от общего числа растений (4 растения) будут иметь темно-красную окраску зерновки (генотип $A_1A_1A_2A_2$)

4/16- красную (генотип $A_1A_1A_2a_2$ - 2/16 и $A_1a_1A_2A_2$ - 2/16)

6/16- светло-красную окраску (генотип $A_1a_1A_2a_2$ - 4/16, $A_1A_1a_2a_2$ - 1/16 и $a_1a_1A_2A_2$ - 1/16).

4/16 от общего числа растений будут иметь бледно-красную окраску зерновки (генотипы $A_1a_1a_2a_2$ - 2/16 и $a_1a_1A_2a_2$ - 2/16)

1/16 часть растений, имеющих генотип $a_1a_1a_2a_2$, будет белозерным.

Расщепление по генотипу: 4:2:2:2:1:1:1:1.

Расщепление по фенотипу: 6:4:4:1:1.

Отвечаем на вопросы к заданию:

1. Все 22 растения F_1 имели светло-красную окраску зерновки.
2. Светло-красную окраску зерновки имели 6/16 растений F_2 (24 растения).
3. Красную окраску зерновки имели 4/16 растений F_2 (16 растений).
4. Белую окраску зерновки имели 1/16 растений F_2 (4 растения).
5. 1/16 растений F_2 (4 растения), имеющих темно-красную зерновку, при самоопылении давали нерасщепляющееся потомство.

2.7. Лабораторная работа №-7-8 (4 часа)

Тема: Наследование сцепленных признаков. Наследование признаков, сцепленных с полом (решение задач).

2.7.1. Цель занятия: Получить представления об основных законах наследования признаков при внутривидовой гибридизации.

2.8.2. Задачи работы:

1. Закрепить знания законов Менделя.
2. Продемонстрировать знания законов при решении задач.

2.8.3. Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе: индивидуальный раздаточный материал – сборники задач.

Задание – изучить решение типовой задачи и решить задачу из сборника задач.

Типовая задача на неполное сцепление генов:

У кукурузы желтая окраска зерновки доминирует над белой, гладкая поверхность – над морщинистой. Гибридное поколение F_1 скрестили с линией-анализатором. Получили в F_2 :

430 зерновок желтых гладких,
428 зерновок белых морщинистых,
20 зерновок желтых морщинистых,
22 белых гладких.

- а) Сколько процентов от F_2 составляют желтые гладкие?
- б) Сколько процентов от F_2 составляют белые морщинистые?
- в) Сколько процентов от F_2 составляют желтые морщинистые?
- г) Сколько процентов от F_2 составляют белые гладкие?
- д) Сколько процентов кроссинговера составляет расстояние между генами окраски и поверхности зерновки?

Решение.

1. Записываем условные обозначения генов:

A – желтая окраска зерновки

a – белая окраска зерновки

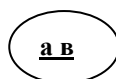
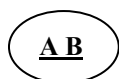
B – гладкая поверхность зерновки

b – морщинистая поверхность зерновки

2. Схема скрещивания при сцепленном наследовании:

РР	♀ АВАВ	×	♂ ааав
генотип:	гомозигота по обеим		гомозигота по обеим
	парам доминантных		парам рецессивных
	генов		генов

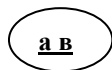
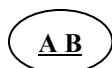
фенотип: желтая, гладкая белая, морщинистая,
 зерновка зерновка



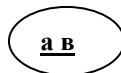
F₁ ABab – дигетерозигота, желтая,
гладкая зерновка

3. Произведем анализирующее скрещивание:

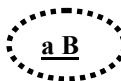
РР ♀ ABab × ♂ abab



При неполном сцеплении генов дигетерозигота продуцирует четыре типа гамет. Из них два типа некроссоверные:



и два типа кроссоверные:



F_a

Гаметы	<u>a b</u>
<u>A B</u>	ABab
<u>a b</u>	abab
<u>a B</u>	aBab
<u>A b</u>	Abab

4. Кроссоверные гаметы дают начало кроссоверным особям (рекомбинантам). По количеству рекомбинантов определяют расстояние между генами. Чем дальше расположены гены в группе сцепления, тем чаще происходит кроссинговер. Это определяет принципиальный подход Моргана к определению расстояния между генами.

Определим общее число полученных зерновок:

$$430 + 428 + 20 + 22 = 900 \text{ (100\%)}$$

а) Определим процент желтых гладких зерновок: $\frac{430 \times 100}{900} = 47,8$

- б) Определим процент белых морщинистых зерновок: $\frac{428 \times 100}{900} = 47,6$
- в) Определим процент желтых морщинистых зерновок: $\frac{20 \times 100}{900} = 2,2\%$
- г) Определим процент белых гладких зерновок: $\frac{22 \times 100}{900} = 2,4\%$
- д) Расстояние между генами А и В: $2,2 + 2,4 = 4,6\%$

Типовая задача на сцепленное с полом наследование

Пол, как и любой другой признак организма наследственно детерминирован. Важнейшая роль в генетической детерминации пола принадлежит хромосомному аппарату. Хромосомы, по которым различаются особи мужского и женского пола, получили название половых хромосом. Те половые хромосомы, которые являются парными у одного из полов, называются *X* – хромосомами. Непарная половая хромосома, имеющаяся только у особей одного пола и отсутствующая у другого, называется *Y* – хромосомой.

Типы хромосомного определения пола:

Название	Половые хромосомы	
	женского пола ♀	мужского пола ♂
Млекопитающие, двукрылые насекомые, некоторые виды рыб	XX гомогаметный	XY гетерогаметный
Птицы, бабочки, некоторые виды рыб	XY (ZW) гетерогаметный	XX (ZZ) гомогаметный
Кузнечик, пчела, наездник	XX диплоидный набор хромосом	X гаплоидный набор хромосом

Признаки, определяемые генами, находящимися в *X* – хромосоме, называются признаками, сцепленными с полом, *Y* – хромосома генетически инертна и почти не содержит генов, у гетерозиготных по половым хромосомам особей, имеющих генотип XY, четко проявляются рецессивные гены, находящиеся в *X* – хромосоме.

У дрозофилы гены, определяющие окраску глаз, находятся в *X* – хромосоме. гомозиготную красноглазую самку с белоглазым самцом. В F₁ получили 48 потомков, от скрещивания их между собой было получено 192 мухи F₂.

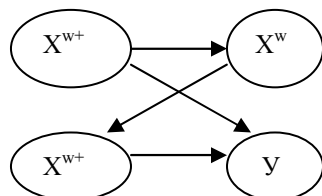
1. Сколько женских особей было в F₁?
2. Сколько самцов в F₁ имели красную окраску глаз?
3. Сколько самок F₁ имели белую окраску глаз?
4. Сколько самцов F₂ имели белую окраску глаз?
5. Сколько самок F₂ имели красную окраску глаз?

Решение задачи:

1. Составить схему скрещивания и выписать генотипы F₁:

$$PP \quad \text{♀} X^{w+} X^{w+} \times \text{♂} X^w Y$$

Гаметы:

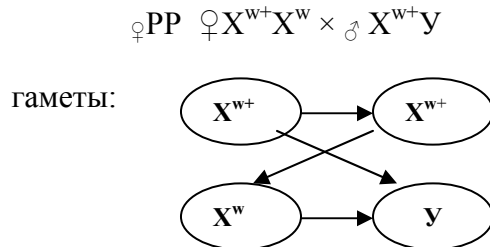


F₁ ♀ X^{w+}X^w; ♂ X^{w+}Y

2. Проанализировать F₁.

Из 48 мух – 24 самки и 24 самца. Все они красноглазые.

3. Составить схему получения F₂



F₂ ♀ X^{w+}X^{w+}; X^{w+}X^w; ♂ X^{w+}Y; X^wY

4. Проанализировать F₂.

Из 192 мух – 96 самок, все они красноглазые, 96 – самцы, из них 1/2 (48 мух)-красноглазые и 1/2 (48 мух)-белоглазые.

Ответы:

1. 1/2, (24)
2. все 24
3. 0
4. 1/2, **48**
5. все 96.

Типовая задача на определение генетической структуры популяции:

Решение задач всегда начинают с определения частоты рецессивного генотипа или гена. По условию задачи частота рецессивного генотипа - aa - 4%. Решение задачи:

По формуле Харди-Вайнберга частоты генотипов в популяции выражают уравнением:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1, \text{ где:}$$

p - частота доминантного гена;

q - частота рецессивного гена,

p + q = 1 – сумма частот соответствующих генов.

1. Записываем условные обозначения генов:

A – ген панцирности,

a - ген беспанцирности.

2. Рассмотрим соотношение генотипов в популяции по аллельным генам

A и a. Выразим частоту гена A величиной p, а частоту гена a - q. Так как каждый ген одной аллельной пары может быть A и a, то частоты p + q = 1 (100 %), а p = 1 - q.

3. Определяем частоту рецессивного гена в долях единицы. По условию задачи частота рецессивных гомозиготных генотипов q² = 4%, что в долях единицы соответствует 0,04.

Частота рецессивного гена q = √0,04 = 0,2 (20%), а частота доминантного гена p = 1 - 0,2 = 0,8 (80%).

4. Определяем частоту гомозигот и гетерозигот среди фенотипически одинаковых семян, имеющих панцирный слой:

AA = p² = 0,8² = 0,64 или 64%

Aa = 2pq = 2 × 0,8 × 0,2 = 0,32 или 32%

Таким образом, генетическая структура данной популяции подсолнечника:

AA – 64%

A-80%

Aa - 32%

a – 20%

aa - 4%