

**ФГБОУ ВО НОВОСИБИРСКИЙ ГАУ  
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПИЩЕВОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ  
КАФЕДРА ВЕТЕРИНАРНОЙ ГЕНЕТИКИ И БИОТЕХНОЛОГИИ**

## **ГЕНЕТИКА И СЕЛЕКЦИЯ**

**ПРАКТИКУМ**

**НОВОСИБИРСК 2023**

УДК 575 (075.5)

Кафедра ветеринарной генетики и биотехнологии

Составитель: доктор биол. наук *М.Л. Кочнева*

Рецензент: доктор с.-х. наук, профессор *А.И. Желтиков*

Генетика и селекция: практикум // составитель: М.Л. Кочнева/ Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2023. – 94 с.

В практикуме представлены задания, вопросы по темам дисциплины «Генетика и селекция» для лабораторных занятий, а также самостоятельного изучения. Даны темы и краткий план контрольной работы, порядок её выполнения и представления. Предназначены для обучающихся по направлению подготовки 06.03.01 Биология.

Практикум утвержден и рекомендован к изданию учебно-методическим советом Института экологической и пищевой биотехнологии (протокол № 4 от 3 мая 2023 г.).

©ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, 2023

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Генетика и селекция» направлена на формирование базовых знаний по основам наследственности и изменчивости живых организмов, селекции растений и животных.

Основной целью дисциплины является формирование и закрепление системного подхода при получении теоретических и практические знаний в области современной генетики и селекции.

Исходя из цели, в процессе изучения дисциплины решаются следующие задачи:

- изучение важнейших свойств живых организмов – наследственность и изменчивость;
- освоение цитологических и молекулярных основ наследственности;
- изучение закономерностей наследования признаков при половом размножении;
- понимание генетического механизма регуляции пола;
- использование современных методов генетики и селекции в практической деятельности;
- изучение влияния природных и антропогенных факторов на наследственность живых организмов;
- изучение генетических основ селекционного процесса.

Большой круг вопросов, которые охватывает генетика, не может быть решен без связи с такими науками, как цитология, биология, органическая химия, микробиология, физиология, математика, молекулярная биология.

В процессе освоения дисциплины «Генетика и селекция» обучающийся встретится с большим количеством терминов, знание которых необходимо для правильного понимания этой науки. Кроме того, знание терминов облегчит усвоение, а в дальнейшем и использование знаний по генетике и селекции в практике. Поэтому в процессе работы, полезно выписывать каждый

новый термин и давать ему объяснение.

Учебный материал распределен по 8 темам и охватывает все основные направления генетики и селекции. Предваряет рассматриваемые темы входной контроль знаний обучающихся в форме тестовых заданий. В каждой теме отражена цель обучения, теоретическая основа рассматриваемых вопросов, принципы решения задач типового плана в процессе лабораторного занятия и для самостоятельного выполнения, текущего контроля, в которых материалом для анализа выступают признаки человека, животных и растений. Это позволяет продемонстрировать общность законов наследственности и изменчивости, установить особенности наследования ряда признаков у организмов разного уровня организации и продемонстрировать прикладные аспекты генетики. Основная цель практикума заключается в формировании комплексного подхода в усвоении принципов генетического анализа, развитии логического мышления у обучающихся в области генетики и селекции, и мотивации самостоятельной работы.

## ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ

- 1. Какой набор хромосом содержат соматические клетки:** *(1 правильный ответ)*  
а) гаплоидный; б) диплоидный; в) полиплоидный; г) гетероплоидный.
- 2. Скрещивание организмов, различающихся по одной паре аллельных генов, называют \_\_\_\_\_.**
- 3. Укажите гомозиготные генотипы:** *(3 правильных ответа)*  
а) AA; б) Aa; в) AABb; г) AABb.
- 4. Гетерозиготным организмом называют:** *(1 правильный ответ)*  
а) организм, содержащий рецессивные аллели данного гена;  
б) организм, содержащий разные аллели данного гена;  
в) организм, содержащий одинаковые аллели данного гена.
- 5. Какие молекулы имеют структуру двойной спирали:** *(1 правильный ответ)*  
а) белки; б) моносахариды; в) липиды; г) углеводы; д) дезоксирибонуклеиновая кислота.
- 6. Какое азотистое основание не входит в состав РНК?** *(1 правильный ответ)*  
а) аденин; б) гуанин; в) урацил; г) тимин; д) цитозин.
- 7. Трансляция белка происходит:** *(1 правильный ответ)*  
а) в ядре; б) на рибосомах; в) в митохондриях; г) в аппарате Гольджи.
- 8. Ген – это часть молекулы:** *(1 правильный ответ)*  
а) белка; б) ДНК; в) АТФ; г) РНК.
- 9. Особи, в потомстве которых обнаруживается расщепление по фенотипу, называются:** *(1 правильный ответ)*  
а) гомозиготные; б) гемизиготные; в) гетерозиготные.
- 10. Совокупность всех наследственных задатков клетки или организма называется:** *(1 правильный ответ)*  
а) генотипом; б) фенотипом; в) генофондом; г) транскриптомом.
- 11. Кроссинговером называется:** *(1 правильный ответ)*  
а) сближение гомологичных хромосом; б) тип хромосомной перестройки; в) обмен участками гомологичных хромосом.

**12. Фенотип – это совокупность:** (1 правильный ответ)

а) генов организма; б) генов данной популяции или вида; в) всех признаков организма; г) признаков всех особей популяции.

**13. Модификационная изменчивость связана с изменением:** (1 правильный ответ)

а) генотипа; б) генофонда; в) транскриптома; г) протеома; д) фенотипа.

**14. Изменения, происходящие в генах под влиянием факторов внешней или внутренней среды, называются:** (1 правильный ответ)

а) мутациями; б) модификациями; в) рекомбинациями; г) фенокопиями; д) генокопиями.

**15. Метод, который нельзя использовать для изучения генетики человека:** (1 правильный ответ)

а) генеалогический; б) биохимический; в) гибридологический; г) статистический; д) цитогенетический.

**16. Элементарной единицей эволюции является...** (1 правильный ответ)

а) вид; б) особь; в) популяция.

**17. В чем заключается сущность митоза?** (1 правильный ответ)

а) в идентичной редупликации хромосом и образовании веретена деления; б) в серии циклических необратимых изменений хромосом; в) в правильном распределении между дочерними ядрами хроматид и передаче генетического материала от одного клеточного поколения к другому.

**18. Основой эволюционного процесса является \_\_\_\_\_ изменчивость.** (1 правильный ответ)

а) мутационная; б) модификационная; в) онтогенетическая; г) комбинативная.

**19. Направляющий фактор эволюции по Ч. Дарвину:** (1 правильный ответ)

а) изменчивость и наследственность; б) искусственный отбор; в) изоляция; г) естественный отбор.

**20. Выведением новых сортов растений и пород животных занимается...** (1 правильный ответ)

а) селекция; б) генетика; в) физиология; г) цитология; д) эволюция.

## ТЕМА 1. ПРЕДМЕТ, МЕТОДЫ И ЗНАЧЕНИЕ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ

**Содержание темы.** Предмет генетики и селекции. Место генетики и селекции среди биологических наук. Методы генетики и селекции: гибридологический, мутационный, цитогенетический, генеалогический, популяционный, близнецовый, биохимический и др. Основные этапы развития генетики и селекции. Работы А.Р. Уоллеса и Ч. Дарвина по теории естественного отбора. Роль отечественных ученых в развитии генетики и селекции (Н. И. Вавилов, А. С. Серебровский, Н.К.Кольцов, Ю.А.Филипченко, С.С.Четвериков и др.). Значение генетики для решения задач селекции, биотехнологии, экологии.

**Цель обучения.** В результате изучения темы необходимо усвоить основные понятия генетики и селекции, этапы развития генетики и эволюции, изучить методы генетики и селекции и знать их применение.

**Задание 1.1.** Составьте схему связи генетики и селекции с другими науками.

	<b>Г Е Н Е Т И К А</b>		

	<b>С Е Л Е К Ц И Я</b>		

**Задание 1.2.** Опишите основные методы генетики и селекции.

Метод	Описание
<b>Генетика</b>	
<b>Селекция</b>	

**Задание 1.3.** Используя источники литературы, внесите информацию о значении генетики и селекции в таблицу.

<b>Значение</b>	
<b>генетики</b>	<b>селекции растений и животных</b>



**Задание 1.4.** Запишите и дайте определение ключевых терминов, используемых в данной теме.

Термин	Определение
Генотип	

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что является предметом изучения генетики и селекции?
2. Назовите основные методы исследования генетики и селекции.
3. В чем заключается центральная догма молекулярной генетики?
4. Каково значение законов Г. Менделя для практики?
5. Кто из отечественных ученых является основоположником селекции растений и животных?

## ТЕМА 2. ПОНЯТИЕ О НАСЛЕДСТВЕННОСТИ И ИЗМЕНЧИВОСТИ. ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

**Содержание темы.** Наследственность и изменчивость, их виды и значение. Понятие о наследственной и ненаследственной (модификационной) изменчивости. Формирование признаков как результат взаимодействия генотипа и факторов среды. Адаптивный характер модификаций. Понятие о генотипах и фенотипах. Деление клетки и воспроизведение. Митотический цикл и фазы митоза. Мейоз и образование гамет. Конъюгация хромосом. Редукция числа хромосом. Генетическая роль митоза и мейоза. Кариотип. Гомологичные хромосомы. Специфичность морфологии и числа хромосом. Строение хромосом. Типы хромосом (аутосомы, половые хромосомы, политенные хромосомы, хромосомы типа ламповых щеток).

**Цель обучения.** Вопросы, рассматриваемые в этой теме, изучаются обучающимися самостоятельно. В процессе рассмотрения темы необходимо изучить виды наследственности и изменчивости, строение и функции ядра, хромосом, иметь представление о кариотипе. Знать особенности передачи наследственной информации в процессе деления соматических клеток и при половом размножении.

Митотическая хромосома состоит из двух хроматид, соединенных друг с другом в области центромеры. Хромосомы подразделяют на аутосомы (одинаковые хромосомы у обоих полов) и гомосомы, или половые хромосомы (разный набор у мужских и женских особей). Размер и форму хромосом можно выявить в процессе деления клеток. Репликация (самоудвоение) и равномерное распределение хромосом по дочерним клеткам обеспечивает точную передачу наследственной информации. Эволюционно закреплены такие процессы преемственности наследственных признаков: митоз – деление соматических клеток; мейоз – процесс формирования половых клеток. Митоз обеспечивает преемственность в ряду клеточных поколений, а мейоз – в ряду поколений организмов.

Каждая соматическая клетка претерпевает ряд последовательных изменений, которые складываются в понятие клеточный цикл. Клеточный цикл состоит из 4-х фаз:  $G_1$  – пресинтетическая, S – синтетическая,  $G_2$  – постсинтетическая и M – собственно митоз. Первые три фазы представляют интерфазу. Собственно митоз включает 4 фазы: профаза, метафаза, анафаза и телофаза. В результате нормального деления одной соматической клетки с диплоидным набором хромосом образуются две дочерние клетки также с диплоидными наборами хромосом. Благодаря этому в ряду клеточных поколений поддерживается постоянство числа хромосом, характерных для данного вида. В результате митоза происходит увеличение числа клеток, регенерация клеток и рост организма. Следует заметить, что все клеточные процессы, и, в частности, митоз, находятся под генетическим контролем.

Процесс формирования половых клеток (гамет) протекает иначе, чем митоз. Мейоз включает два следующих друг за другом деления клетки с двойным набором хромосом, завершающихся образованием гамет с гаплоидным (одинарным) набором хромосом. Различают мейоз I (редукционное деление) и мейоз II (эквационное деление). Каждое из этих делений включает 4 стадии: профаза, метафаза, анафаза, телофаза. Биологическое значение мейоза состоит в том, что благодаря уменьшению вдвое числа хромосом в гаметах возможно поддержание постоянства числа хромосом вида из поколения в поколение. Оплодотворенная клетка имеет диплоидный набор хромосом, что и обеспечивает поддержание определенного набора хромосом у данного вида.

Разные виды живых существ отличаются друг от друга по количеству и форме хромосом, находящихся в клеточном ядре. Набор хромосом, определенной морфологии и характерный для данного вида, называется кариотипом. В соматической клетке каждая хромосома имеет гомолога, т.е. одинаковую по форме и величине хромосому. Так, например, кариотип крупного рогатого скота состоит из 60 хромосом, или 30 пар; кариотип овцы – 54 хромосомы; кариотип лошади – 64 хромосомы, кариотип свиньи – 38 хромосом.

При записи кариотипа особи указывают общее число хромосом и тип гомосом. Например, кариотип быка в норме – 60,XY, а коровы – 60,XX; кариотип хряка – 38,XY, а свиноматки – 38,XX.

За передачу наследственной информации у млекопитающих ответственны не только внутриядерные хромосомы, но и митохондриальная ДНК. В связи с этим целесообразно также изучать их строение и функции.

**Задание 2.1.** Охарактеризуйте типы наследственности (для самостоятельной работы)

Тип	Определение	Пример
Ядерная		
Цитоплазматическая		

**Задание 2.2.** Охарактеризуйте типы изменчивости (для самостоятельной работы)

Тип	Определение	Пример
Мутационная		
Комбинативная		
Онтогенетическая		
Модификационная		

**Задание 2.3.** Выберите правильный вариант ответа на следующие вопросы.

**1. Фенокопия – это (один вариант ответа):**

а) явление, при котором действие одного гена подавляется действием другого гена; б) одинаковое фенотипическое проявление мутаций разных генов; в) явление, при котором ген изменяется под действием среды и копирует действие другого гена; г) степень фенотипического проявления гена; д) явление, при котором ненаследственная изменчивость копирует наследственную.

**2. Генокопия – это (один вариант ответа):**

а) один из типов взаимодействия генов; б) одинаковое фенотипическое проявление мутаций разных генов; в) явление, при котором признак изменяется под действием среды и копирует проявление другого признака; г) степень фенотипического проявления гена; д) частота фенотипического проявления гена.

**3. Свойства модификаций (один вариант ответа):**

а) не носят приспособительный характер; б) наследуются; в) не наследуются; г) являются материалом для естественного отбора; д) являются материалом для искусственного отбора.

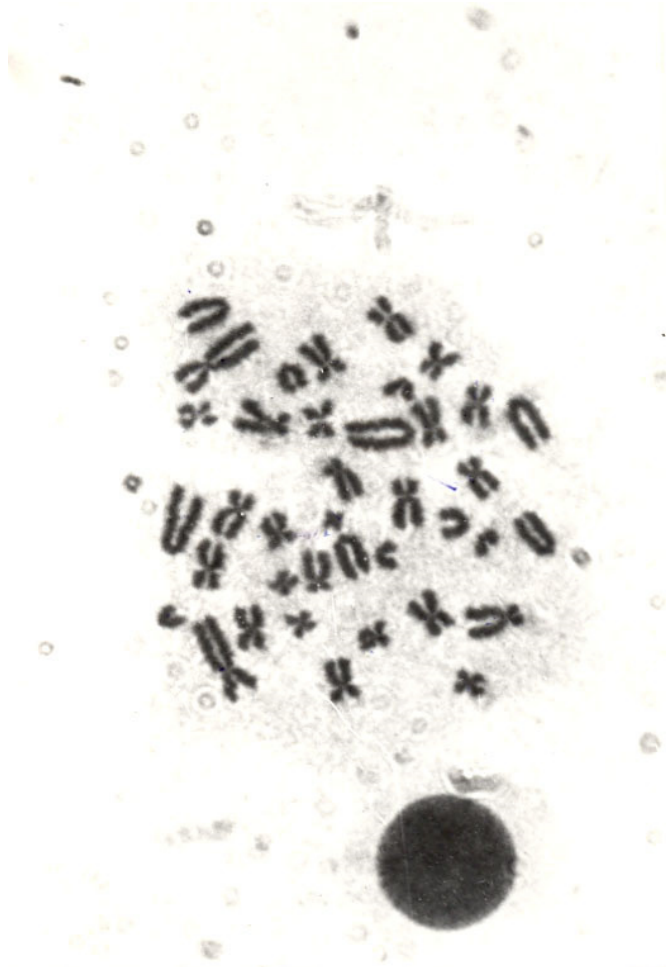
**4. Норма реакции – это (один вариант ответа):**

а) один из типов взаимодействия генов; б) границы модификационной изменчивости; в) явление, когда признак изменяется под действием среды и копирует признак другого генотипа; г) границы комбинативной изменчивости; д) частота фенотипического проявления гена.

**5. Комбинативная изменчивость обусловлена (один вариант ответа):**

а) мутациями разных типов; б) рекомбинацией генов при кроссинговере; в) независимым расхождением хромосом в анафазу мейоза II и хроматид в анафазу мейоза I; г) случайным сочетанием гамет при оплодотворении; д) межаллельным взаимодействием генов.

**Задание 2.4.** Изучив микрофотографию хромосом свиньи, укажите количество хромосом, относящихся к разным типам в зависимости от расположения центромеры.



**Задание 2.5.** Выберите правильный вариант ответа на следующие вопросы.

**1. Какой набор хромосом содержат соматические клетки (один вариант ответа):**

а) гаплоидный; б) гетероплоидный; в) полиплоидный; г) диплоидный.

**2. Какие хромосомы относятся к половым: (один вариант ответа)**

а) аутосомы; б) гоносомы; в) политемные хромосомы; г) хромосомы типа



ламповых щеток.

**3. Эухроматиновые участки хромосом содержат:** *(один вариант ответа)*

а) уникальные последовательности; б) повторяющиеся последовательности; в) Alu-последовательности.

**4. Какие хромосомы называются гомологичными?** *(один вариант ответа)*

а) хромосомы разных пар; б) хромосомы одинаковых пар; в) хромосомы гоносом; г) хромосомы аутосом.

**5. Что такое хромосома?** *(один вариант ответа)*

а) это внутриядерная структура, состоящая из ДНК, связанной с гистонами; б) это самовоспроизводящаяся цитоплазматическая структура, представляющая собой уровень организации хроматина; в) это суборганелла ядра, способная к самовоспроизведению, содержащая гены.

**6. Какие хромосомы называют аутосомными, а какие - половыми?** *(один вариант ответа)*

а) хромосомы, одинаковые у мужского и женского полов, называют аутосомами, а 2 хромосомы, различающиеся у обоих полов, – половыми или гоносомами; б) аутосомами, называют хромосомы, которые участвуют в формировании пола, а гоносомы – остальные хромосомы; в) к половым относятся X-хромосома и Y-хромосома, а к аутосомным – субметацентрические и метацентрические.

**7. Сущность митоза заключается в:** *(один вариант ответа)*

а) удвоении хромосом и образовании веретена деления; б) серии циклических необратимых изменений хромосом; в) равномерном распределении хроматид между дочерними ядрами и передаче генетического материала от одного клеточного поколения к другому; г) равномерном распределении хромосом между дочерними ядрами и передаче генетического материала от одного клеточного поколения к другому.

**8. Какова правильная последовательность стадий митоза:** *(один вариант ответа)*

а) профазы, телофаза, анафаза, метафаза; б) профазы, метафаза, анафаза, телофаза; в) интерфаза, профазы, метафаза, анафаза, телофаза; г) метафаза, профазы, телофаза, анафаза.

**9. На каком этапе клеточного цикла происходит репликация хромосом?** *(один вариант ответа)*

а) профазы митоза; б) синтетический период интерфазы; в) метафаза митоза; г) пресинтетический период интерфазы.

**10. Какие наиболее важные события происходят в мейозе?** *(один вариант ответа)*

а) число хромосом, свойственное организму, возрастает вдвое; б) происходит свободная рекомбинация родительских хромосом; в) происходит рекомбинация сцепленных генов при кроссинговере; г) число хромосом, свойственное организму, уменьшается вдвое, происходит рекомбинация генов разных групп сцепления при кроссинговере.

**11. На какой стадии мейоза происходит обмен генетическим материалом между несестринскими хроматидами гомологичных хромосом?** *(один вариант ответа)*

а) профазы I; б) профазы II; в) анафазы I; г) анафазы II.

**12. Кроссинговер – это** *(один вариант ответа):*

а) обмен участками между несестринскими хроматидами гомологичных хромосом в профазе I мейоза; б) обмен между близко расположенными несестринскими хроматидами нехомологичных хромосом; в) обмен участками между сестринскими хроматидами гомологичных хромосом с образованием хиазм в профазе I мейоза.

**13. Важнейшими отличиями митоза от мейоза являются** *(один вариант ответа):*

а) в митозе сохраняется постоянство числа хромосом в ряду клеточных поколений, а мейоз обеспечивает уменьшение числа хромосом вдвое; б) мейоз в отличие от митоза увеличивает наследственную изменчивость за счет

случайного расхождения гомологичных хромосом в разные клетки; в) в отличие от митоза, поддерживающего постоянство числа хромосом в ряду поколений, мейотический процесс обеспечивает редукцию числа хромосом в половых клетках наполовину и увеличивает генетическую изменчивость за счет случайного расхождения гомологичных хромосом в разные половые клетки и кроссинговера в I мейотическом делении.

**14. Соматическая клетка содержит 60 хромосом. Сколько хроматид будет уходить к каждому из полюсов клетки в анафазе эквационного деления мейоза?**

а) 60; б) 120; в) 32; г) 30.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Назовите основное различие между наследственной и ненаследственной изменчивостью.
2. Какие органеллы клетки и их структуры играют основную роль в передаче наследственных признаков?
3. В чем разница между понятиями клеточный цикл и митоз?
4. В чем заключается биологический смысл митоза и мейоза?
5. Дайте определение кариотипа. Назовите кариотипы основных видов сельскохозяйственных животных.
6. Перечислите типы хромосом в зависимости от расположения центромеры.

## **ТЕМА 3. ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ПРИ ПОЛОВОМ РАЗМНОЖЕНИИ**

### **3.1. Моно- и полигибридные скрещивания**

**Содержание темы.** Понятия: ген, генотип и фенотип. Гомозиготность и гетерозиготность. Закономерности наследования при моногибридном скрещивании: единообразие гибридов первого поколения, расщепление во втором поколении. Представление об аллелях и их взаимодействиях: полное и неполное доминирование, сверхдоминирование, кодоминирование. Анализирующее скрещивание, возвратное скрещивание, анализ типов и соотношения гамет у гибридов. Расщепление по фенотипу и генотипу во втором поколении при моногенном контроле, при анализирующем скрещивании признака и разных типах аллельных взаимодействий. Закономерности наследования в ди- и полигибридных скрещиваниях: единообразие первого поколения и расщепление во втором поколении. Закон независимого наследования генов. Отклонения от менделевских расщеплений при моно- и полигенном контроле признаков.

**Цель обучения.** В результате изучения темы важно освоить законы Менделя, научиться понимать причины отклонений от менделевских расщеплений в скрещиваниях, составлять схемы скрещиваний и проводить их анализ.

Изучение результатов скрещиваний и закономерностей наследования признаков проводится с помощью разработанного Г. Менделем гибридологического анализа. При этом гены, контролируемые анализируемые признаки, обозначаются буквенными символами: доминантные аллели гена – строчными буквами, а рецессивные – прописными. Так, доминантный аллель гена пурпурной окраски стебля у дурмана можно обозначить буквой «Р», а рецессивный аллель зеленой окраски – буквой «р».

В зиготе и соматических клетках имеется по два аллеля данного гена, а в половых клетках – по одному. В нашем примере генотип гомозиготных растений с пурпурным стеблем будет обозначаться РР, а генотип гомозиготных растений с зеленым стеблем – рр. Гомозиготные животные будут формировать только один сорт гамет.

Для того чтобы усвоить закономерности наследования признаков в моно- и дигибридном скрещиваниях, при изучении материала необходимо строить схемы скрещиваний и анализировать их. В целях облегчения анализа генотипов и фенотипов в ряде случаев прибегают к построению решетки Пеннета.

Для оценки соответствия фактического расщепления фенотипов или генотипов (классов потомков) теоретически ожидаемому используют статистический критерий – метод  $\chi^2$ . Для этого необходимо рассчитать фактическое значение  $\chi^2$  по формуле:

$$\chi^2 = \sum \frac{(\Phi - O)^2}{O} \text{ при } df = n-1, \text{ где}$$

$\Sigma$  – сумма «частот по всем классам»,

$\Phi$  – фактическое количество потомков в классе,

$O$  – теоретически ожидаемое количество потомков в классе,

$df$  – число степеней свободы, т.е. число независимо варьирующих параметров эксперимента,

$n$  – число классов.

Вычисленное значение  $\chi^2$  сравниваем с критическим значением  $\chi^2$ , т.е. теоретическим, которое находим в таблице стандартных значений  $\chi^2$ -критерия с учетом числа степеней свободы ( $df$ ).

**Если:**

1)  $\chi^2 < \chi^2$  при  $df=n-1$ , то принимается нулевая гипотеза, т.е. эмпирическое распределение потомков не отклоняется от теоретически ожидаемого (а именно, соответствует расщеплению по фенотипу согласно

данному закону Менделя);

2)  $\chi^2 \geq \chi^2$  при  $df=n-1$ , то принимается альтернативная гипотеза с определенным уровнем достоверности.

**Задание 3.1.1.** Выпишите типы гамет, которые образуются у особей с генотипами: а)  $AA$ ; б)  $Aa$ ; в)  $aa$ .

**Задание 3.1.2.** В Норвегии известен случай, когда мать ребенка с брахидактилией (короткопалость) предъявила иск мужчине, который отрицал отцовство. Суд попросил мужчину показать руки и оказалось, что у него брахидактилия. Суд признал его отцом ребенка. На основании чего суд мог сделать подобное заключение? Доминантна или рецессивна брахидактилия?

**Задание 3.1.3.** От скрещивания гетерозиготной золотой рыбки с нормальными глазами с самцом, имеющим телескопические глаза, получено 60 мальков. Определите характер наследования признака. У скольких из потомков будут телескопические глаза?

**Задание 3.1.4.** Если в клетках семени гороха есть крахмал, то при подсыхании семя сохраняет круглую форму, при отсутствии крахмала оно становится морщинистым. Доминантный аллель контролирует синтез активного фермента, способствующего превращению сахара в крахмал. Рецессивный аллель определяет синтез дефектного фермента или отсутствие синтеза. У гетерозиготного растения количества крахмала достаточно для сохранения круглой формы семян при подсыхании. Определите тип взаимодействия аллелей, расщепление по фенотипу в  $F_2$  от скрещивания гомозиготных форм с круглыми и морщинистыми семенами, а также в возвратных скрещиваниях.

**Задание 3.1.5.** При скрещивании между собой белых кур все потомки имели белое оперение, а черных кур – черное. Потомство от скрещивания белой и черной особей имело голубую окраску. Какое оперение будет у потомков белого петуха и голубой курицы? Черного петуха и голубой курицы?

**Задание 3.1.6.** (для самостоятельной работы) Определите, какие

группы крови возможны у детей: а) если у их матери I группа, а у отца II группа крови; б) если у их матери II группа крови, а у отца IV группа крови.

**Задание 3.1.7.** Родители имеют I и III группы крови, первый ребенок имеет I группу крови. Какова вероятность того, что и второй ребенок будет иметь эту же группу крови? Составьте схему скрещивания.

**Задание 3.1.8.** Составьте родословную семьи со случаем диабета. Здоровые муж и жена (двоюродные сибсы) имеют больного ребенка. Мать мужа и отец жены (родные сибсы) здоровы. Брат мужа и две сестры жены здоровы. Общий дед страдал диабетом. Все родственники со стороны отца мужа (дядя, тетя, двоюродная сестра, дед и бабушка) и матери жены (тетя, двоюродный брат, дед и бабушка) здоровы. Определите характер наследования болезни и отметьте на схеме гетерозиготных членов семьи.

**Задание 3.1.9.** *(для самостоятельной работы)* При разведении «в себе» горностаевых кур в потомстве из 40 цыплят получено 20 горностаевых, 10 черных и 10 белых. Как наследуется горностаевый цвет оперения кур?

**Задание 3.1.10.** *(для самостоятельной работы)* При скрещивании длинноухих овец с безухими получается потомство с короткой ушной раковиной. Каков характер наследования данного признака? Какое потомство получится при скрещивании короткоухих овец с такими же баранами? Безухих овец с короткоухими баранами? Каково отношение по фенотипу и генотипу во втором поколении?

**Задание 3.1.11.** *(для самостоятельной работы)* У каракульских овец серый цвет (ширази) шерстного покрова (С) доминирует над черным (с). От скрещивания серых овец с черным бараном получена половина серых и половина черных ягнят. Напишите генотипы родителей и потомства. Какое получится соотношение по фенотипу и генотипу в  $F_2$  при скрещивании серых овец с серыми, и черными баранами? Почему в практике разведения каракульских овец серой окраски не встречаются бараны ширази, дающие при скрещивании с черными овцами только серых ягнят?

**Задание 3.1.12.** *(для самостоятельной работы)* Перед свадьбой здоровые мужчина и женщина обратились в генетическую консультацию с вопросом, какова вероятность рождения у них больного фенилкетонурией ребенка, если сестра мужчины и брат женщины больны этим заболеванием. Других случаев заболевания в их семьях не зарегистрировано. Помогите им найти ответ на этот вопрос.

**Задание 3.1.13.** Признак укороченности ног (К) у кур (такие куры не разрывают огороды) доминирует над длинноногостью (к). У гомозиготных по коротконогости цыплят клюв настолько мал, что они не могут пробить яичную скорлупу и гибнут, не вылупившись из яйца. В хозяйстве, разводящем только коротконогих кур, получено 6000 цыплят. Сколько среди них будет коротконогих?

**Задание 3.1.14.** У мексиканского дога ген, обуславливающий отсутствие шерсти, в гомозиготном состоянии приводит к гибели потомства. При спаривании двух догов с нормальной шерстью часть потомства погибла. При спаривании кобеля, имеющего нормальную шерсть, с другой самкой гибели потомства не обнаружено. При спаривании потомства от этих двух скрещиваний опять наблюдалась гибель щенков. Определите генотипы всех спариваемых животных.

**Задание 3.1.15.** У свиней белая масть «В» доминирует над черной «в», а наличие сережек «С» – над их отсутствием «с». Определите генотип белого хряка с сережками, если от спаривания с черными свиноматками без сережек получено 50% белых поросят с сережками, и 50% черных поросят с сережками.

**Задание 3.1.16.** Два черных кролика с короткой шерстью при скрещивании между собой дали двух крольчат: черного с короткой шерстью и белого длинношерстного. Какие признаки являются рецессивными, какие – доминантными? Как это проверить? Определите генотипы родителей и потомков.

**Задание 3.1.17.** *(для самостоятельной работы)* У кур оперенные ноги



(O) доминируют над голыми (o), а гороховидный гребень (P) – над простым (p). Петух с оперенными ногами и гороховидным гребнем, скрещенный с голоногой курицей, имеющий также гороховидный гребень, дал потомство с оперёнными ногами. При этом большинство потомков имело гороховидный гребень, но встречались куры и с простым гребнем. Каковы генотипы родителей? Какое потомство дала бы эта курица при скрещивании с одним из своих сыновей, имеющим оперенные ноги и простой гребень?

**Задание 3.1.18.** Растение имеет генотип AabbCcDdEe. а) Сколько разных типов гамет образует это растение?

**Задание 3.1.19.** Нормальный рост у овса доминирует над гигантизмом, а раннеспелость – над позднеспелостью. Признаки наследуются независимо. Как получить линию раннеспелых гигантов, если в нашем распоряжении два сорта овса – раннеспелый с нормальным ростом и позднеспелый гигант?

**Задание 3.1.20.** При самоопылении высокорослых растений томатов с рассеченными листьями получено расщепление в следующем соотношении: 924 высокорослых с рассеченными листьями, 317 высокорослых с цельнокрайними листьями, 298 низкорослых с рассеченными листьями, 108 низкорослых с цельнокрайними листьями. Как наследуются признаки? Для проверки своей гипотезы используйте  $\chi^2$ -критерий. Определите генотипы родительских и гибридных растений.

**Задание 3.1.21.** *(для самостоятельной работы)* При скрещивании курицы с кремовый пухом и гороховидным гребнем с чистопородным петухом, имеющим кремовый пух и гороховидный гребень, получено 123 особи с кремовым пухом и гороховидным гребнем, 94 – с кремовым пухом и простым гребнем, 96 – с белоснежным пухом и гороховидным гребнем и 119 – с белоснежным пухом и простым гребнем. Выясните, соответствуют ли данные теоретически ожидаемым, используя  $\chi^2$ -критерий.

**Задание 3.1.22.** У собак черный цвет шерсти доминирует над кофейным, короткая шерсть – над длинной. Гены обоих признаков располагаются в раз-

ных парах хромосом. Охотник купил черную собаку с короткой шерстью. Какого партнера необходимо выбрать для скрещивания, чтобы выяснить, нет ли в генотипе этой собаки генов длинной шерсти кофейного цвета?

### **3.2. Взаимодействие неаллельных генов**

**Содержание темы.** Неаллельные взаимодействия: комплементария, эпистаз, плейотропное действие гена, полимерия, гены-модификаторы. Полигенное наследование количественных признаков. Понятие об экспрессивности и пенетрантности гена. Норма реакции генотипа.

**Цель обучения.** Изучение этой темы направлено на установление того, как на один и тот же признак могут влиять не одна, а несколько пар генов, вступающих во взаимодействие. Различают следующие типы взаимодействия генов: комплементария, эпистаз и полимерия. Познать эти типы взаимодействия необходимо, в процессе изучения обстоятельно разобраться во всех схемах скрещиваний. Внимательно отнеситесь к изучению закономерностей наследования количественных признаков, аддитивного действия генов.

При комплементарном взаимодействии два доминантных неаллельных гена дополняют друг друга и формируют новую форму признака. Если скрещивать два организма с генотипами  $AA_{vv}$  и  $aaBB$ , то у потомков проявится форма признака, которой не было у исходных форм.

При эпистазе один доминантный ген подавляет действие другого неаллельного гена. Так, у потомка с генотипом  $AaBb$  проявится признак только одного из родителя.

При полимерии гены взаимодействуют между собой, внося суммарный вклад в проявлении признака. Чем больше доминантных генов в генотипе, тем значительней выражен признак. Такой тип наследования характерен для количественных признаков. Полимерные гены принято обозначать одной буквой латинского алфавита с цифровыми индексами ( $A_1, A_2, a_1, a_2$ ).

**Задание 3.2.1.** У кур встречается четыре формы гребня, обусловленные взаимодействием двух пар генов, находящихся в разных парах хромосом. Ген R определяет розовидный гребень, ген P – гороховидный гребень. При сочетании в генотипе этих генов формируется ореховидный гребень, а у кур с генотипом  $pprr$  – листовидный гребень. Скрещены две дигетерозиготные особи с ореховидным гребнем. Какие гребни будет иметь потомство, полученное от следующего сочетания родительских пар: а) ♀PpRr x ♂PpRr; б) ♀PpRr x ♂ppRr; в) ♀PpRR x ♂Pprg?

**Задание 3.2.2.** (для самостоятельной работы) У разводимых в звероводческих хозяйствах норок цвет шерсти определяется двумя парами несцепленных неаллельных генов. Доминантные аллели обоих генов определяют коричневую окраску, а рецессивные аллели обоих генов – платиновую окраску меха. При спаривании каких родительских пар все потомство будет иметь мех коричневого цвета?

**Задание 3.2.3.** Лошади с генотипом BBcc и Bbcc – черной масти; лошади с генотипом bbcc – имеют рыжий цвет; с генотипами BBCC, BBcc, BbCc, bbCC и bbCc – серый цвет. Назовите формы взаимодействия между генами B и b, C и c (b). При скрещивании лошадей с серой мастью и вороной мастью в потомстве были получены потомки с такими же окрасами в соотношении 1:1. Определите генотипы родителей и потомков. Предложите все возможные варианты скрещивания.

**Задание 3.2.4.** У кур ген C обуславливает окрашенное оперение, а его аллель c – белое оперение. Доминантный ген другой аллельной пары (I) подавляет проявление окраски, а ген i позволяет гену C проявить свое действие. Дигетерозиготная курица спарена с гомозиготным по обоим рецессивным признакам петухом. Какой цвет оперения будет у родителей и особей в F1? Какой цвет оперения будет у потомков от скрещивания двух гетерозиготных особей между собой? Назовите тип взаимодействия генов.

**Задание 3.2.5** У пшеницы белая и красная пигментация зерна контролируется двумя парами аллелей:  $R_1r_1$ ,  $R_2r_2$ . Растения, рецессивные по обоим парам аллелей, имеют белые зерна. Наличие в генотипе особи хотя бы одного доминантного аллеля, обуславливает проявление окраски зерна, усиливающейся от количества доминантных аллелей. Определите расщепление по фенотипу во втором поколении при скрещивании гомозиготных растений с красными зернами и растений с белыми зернами.

**Задание 3.2.6.** У родителей с генотипами  $I^a i$   $I^a I^b$  родилась девочка, у которой диагностировали I группу крови. Объясните данное явление. Каков тип взаимодействия генов?

**Задание 3.2.7.** Глухота может быть обусловлена рецессивными генами  $d$  и  $e$ , расположенными в разных парах хромосом. Наличие двух этих генов в доминантном состоянии обуславливает нормальный слух. Глухой мужчина с генотипом  $ddEe$  вступил в брак с глухой женщиной с генотипом  $Ddee$ . Какой слух будет у их детей? Какова вероятность рождения ребенка с нормальным слухом ребенка, страдающего глухотой? Какова вероятность, что двое детей этих родителей будут глухими?

**Задание 3.2.8.** (для самостоятельной работы) У фигурных тыкв фактор белой окраски плодов  $W$  эпистатичен по отношению к фактору желтой окраски плодов  $Y$ . Растения  $W-Y-$  и  $W-yy$  имеют белые плоды,  $wwY-$  – желтые, а  $wwyy$  – зеленые. Какова будет окраска плодов у потомков следующих скрещиваний (даны генотипы родителей): 1)  $WwYy \times Wwyy$ ; 2)  $Wwyy \times wwYY$ ; 3)  $Wwyy \times wwYy$ .

**Задание 3.2.9.** Предположим, что в двух высокоинбредных линиях овса урожайность составляет 4 и 10 г на растение соответственно. Эти две линии скрещиваются друг с другом, в потомстве  $F_1$  проводится самоопыление. Приблизительно у  $1/64$  растений  $F_2$  урожай равен 10 г на растение. Сколько генов контролирует урожай овса?

**Задание 3.2.10.** (для самостоятельной работы) Предположим, что

каждый доминантный ген увеличивает высоту растений на 1 см. Растение с генотипом aabbccdde<sub>e</sub> имеет высоту 12 см. Скрещивали растения с генотипами: AAbb<sub>cc</sub>DD<sub>ee</sub> × aabbCCDdE<sub>e</sub>. При независимом расщеплении всех пар генов: а) какова высота родительских растений? б) какова высота самого длинного гибридного растения и самого короткого гибридного растения?

### 3.3. Тестовые задания для текущего контроля

#### Вариант №1

1. Какое скрещивание называется дигибридным?
2. Чему равно количество признаков, исследуемых при моногибридном скрещивании?
3. Какими являются особи, в потомстве которых не обнаруживается расщепление признака?
4. Две черные самки мыши скрещены с коричневым самцом. В потомстве первой самки получено 9 черных и 7 коричневых мышей; у второй – 17 черных особей. Как наследуется окраска шерсти и каковы генотипы родителей?
5. Женщина с I группой крови вышла замуж за мужчину со II группой крови. У них родился ребенок. Какую группу крови и какой генотип он имеет?
6. Черную окраску у крупного рогатого скота контролирует ген **A**. Эта окраска доминирует над красной, определяемой аллелью **a**. Особи с генотипом **aa** **B-** имеют коричневую окраску. Ген **A** действует эпистатически в отношении аллелей **B** и **b**. Красная окраска появляется только у двойных гомозигот по рецессивным генам. Какого фенотипического расщепления следует ожидать в потомстве от скрещивания двойных гетерозигот: AaBb × AaBb?
7. Напишите сорта гамет для особи с генотипом **AaBb**.

#### Вариант №2

1. Какое скрещивание называется анализирующим?

2. Чему равно количество признаков, исследуемых при дигибридном скрещивании?
3. Как называются особи, в потомстве которых обнаруживается расщепление признака?
4. Плоды томата бывают круглыми и грушевидными. В парниках крестьянского хозяйства высажена рассада томатов, выращенных из гибридных семян. 31750 кустов этой рассады дали плоды грушевидной формы, а 95250 кустов – круглой формы. Сколько среди них гетерозиготных кустов?
5. В родильном доме перепутали двух мальчиков. Родители одного из них имеют I и II группу крови, другого – II и IV. Исследование показало, что дети имеют I и II группу крови. Определите родителей детей.
6. Может ли при скрещивании петуха и курицы с ореховидной формой гребня родиться потомок с гороховидной формой гребня (взаимодействие неаллельных генов). Если да, то, какие генотипы будут у родителей и потомка?
7. Напишите сорта гамет для особи с генотипом **AaBbCc**.

### Вариант №3

1. Какое скрещивание называется возвратным? В каких случаях его используют?
2. Какое количество альтернативных признаков анализируется при полигибридном скрещивании?
3. Что такое множественный аллелизм? Можно ли рассматривать это явление на уровне отдельного организма? Дайте пояснение.
4. Признак коротконогости (К) у кур (такие куры не разрывают огороды) доминирует над длинноногостью (к). У гомозиготных по коротконогости цыплят клюв настолько мал, что они не могут пробить яичную скорлупу и гибнут, не вылупившись из яйца. В хозяйстве, разводящем только коротконогих кур, получено 6000 цыплят. Сколько среди них будет коротконогих?
5. Мать гомозиготна по гену  $I^A$ , а отец – по гену  $I^B$ . Какую группу крови уна-

следуют их дети?

6. Может ли при скрещивании жеребца и кобылы вороной масти родиться жеребенок с рыжей мастью (взаимодействие неаллельных генов). Если да, то, какие генотипы будут у родителей и потомка?

7. Напишите сорта гамет для особи с генотипом **DdEeKkl**.

### Вопросы для самоконтроля

1. Что такое моногибридное или дигибридное скрещивание?
2. Что означает доминантность и рецессивность?
3. Что такое аллели?
4. В чем отличие гетерозиготного генотипа от гомозиготного?
5. Сформулируйте закон единообразия гибридов первого поколения при моногибридном скрещивании.
6. В каком случае признаки наследуются независимо друг от друга и как это было доказано Г. Менделем?
7. Какое соотношение генотипов будет во втором поколении при скрещивании особей AaBb между собой при эпистазе, полимерии и комплементарии?
8. Как называются гены, которые не проявляют собственного действия, но усиливают или ослабляют эффект действия других генов?

## ТЕМА 4. ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

### 4.1. Аутосомно-сцепленное наследование признаков

**Содержание темы.** Полное и неполное сцепление генов. Явление мейотического и митотического кроссинговера. Значение анализирующего скрещивания при изучении кроссинговера. Цитологические доказательства кроссинговера.

Множественные перекресты. Интерференция. Линейное расположение генов в хромосомах. Основные положения хромосомной теории наследственности по Т. Моргану.

Генетические карты, принцип их построения у эукариот. Использование данных цитогенетического анализа для локализации генов. Цитологические карты хромосом. Построение физических карт хромосом с помощью методов молекулярной биологии.

**Цель обучения.** В процессе изучения вопросов хромосомной теории наследственности особое внимание следует уделить составлению схем скрещиваний и научиться анализировать результаты наследования сцепленных признаков, гены которых расположены в аутосомных хромосомах.

Сцепленными называются признаки, гены которых находятся в одной хромосоме, поэтому они передаются следующим поколениям в тех же сочетаниях, как это было у родителей. Сцепленное наследование признаков является подтверждением хромосомной теории наследственности, сформулированной Т. Морганом.

Рассмотрим пример. У кур коротконогость «А» доминирует над длинноногостью «а», розовидная форма гребня «В» – над простой «в». Гены, контролирующие длину ног и форму гребня, находятся в одной хромосоме. Длинноногий с простым гребнем петух скрещивался с гомозиготной коротконогой, имеющей розовидный гребень, курицей. Какое потомство получит-



ся от такого скрещивания в  $F_1$  и  $F_2$ .

Если две пары генов ( $A(a)$  и  $B(b)$ ) находятся в одной гомологичной паре хромосом, то генотип особи желательно записывать следующим образом:

$$\frac{AB}{ab}$$

. Такая запись генотипа показывает, какой аллель данной пары генов сцеплен с аллелем другой пары.

В  $F_1$  все потомство было коротконогим и с розовидным гребнем, так как эти признаки доминируют над длинноногостью и простой формой гребня. Такую же картину мы наблюдаем и в том случае, когда речь идет об обычном дигибридном скрещивании, если гены двух признаков находятся в разных хромосомах.

При отсутствии сцепления между генами в  $F_2$  признаки будут комбинироваться независимо друг от друга и формироваться четыре фенотипа: 9 коротконогих кур с розовидным гребнем, 3 коротконогих с простым гребнем, 3 длинноногих с розовидным гребнем и 1 длинноногий с простым гребнем. В нашем примере получена иная картина: всего два фенотипа, причем все коротконогие куры имели только розовидный гребень, а длинноногие – только простой. Такое сочетание признаков является следствием сцепления генов.

При изучении материала обратите внимание на возможные случаи неполного сцепления и на кроссинговер как причину неполного сцепления. Частота кроссинговера зависит от расстояния между генами, которые расположены в хромосоме в линейном порядке.

Частота кроссинговера между отдельными генами является относительно постоянной величиной, что позволяет её использовать для построения генетических и цитологических карт хромосом. Частота кроссинговера (рекомбинаций) обозначается символом  $rf$  и определяется отношением числа кроссоверных форм к общему числу потомков анализирующего скрещивания и выражается в процентах:

$$rf = \frac{\text{число кроссоверов}}{\text{общее число потомков}} \times 100$$

Проведем расчет частоты кроссинговера на конкретном примере. В результате анализирующего скрещивания дигетерозиготной курицы с курчавым оперением ( $Ff$ ) и розовидным гребнем ( $Rr$ ) с петухом с нормальным оперением ( $ff$ ) и простым гребнем ( $rr$ ) в  $F_1$  получено потомство со следующим расщеплением по фенотипу: 23 курчавых с розовидным гребнем, 4 курчавых с простым гребнем, 3 с нормальным оперением и розовидным гребнем, 27 с нормальным оперением и простым гребнем. Необходимо определить расстояние между генами, контролирующими оперение и форму гребня у кур. Исходя из полученных данных, общее количество кроссоверных потомков составило 7, а общее количество потомков 57.

Определяем частоту кроссинговера (рекомбинации) по вышеприведенной формуле:  $rf = \frac{4+3}{23+4+3+27} \times 100 = 12,3$  .

**Задание 4.1.1.** У кур курчавое оперение ( $F$ ) доминирует над нормальным ( $f$ ), а белое ( $I$ ) оперение над окрашенным ( $i$ ). Эти пары генов относятся к одной группе сцепления. При анализирующем скрещивании получены следующие результаты: белые курчавые – 19 шт., окрашенные курчавые – 65 шт., белые нормальные – 64 шт., окрашенные нормальные – 12 шт. Определите генотипы родителей и установите расстояние между обоими локусами.

**Задание 4.1.2.** Составьте схемы возможных кроссинговеров и напишите варианты гамет (некроссоверных и кроссоверных) у организмов со следующими генотипами:  $AC//AC$ ;  $AC//ac$ ;  $Ac//aC$ ;  $ACK//ack$ ;  $AcK//ack$ ;  $AC//ac$   $B//b$ .

**Задание 4.1.3.** При скрещивании дигетерозиготной по генам  $C$  и  $T$  самки дрозофилы с рецессивным по обоим генам самцом, в потомстве получены следующие результаты: 46,25% мух фенотипического класса  $C\_T\_$ ; 3,75% мух фенотипического класса  $C\_tt$ ; 3,75% мух фенотипического класса  $ccT\_$ ;

46,25% мух фенотипического класса *scst*. Определите расстояние между генами *C* и *T*.

**Задание 4.1.4.** (для самостоятельной работы) У дрозофилы во второй хромосоме в локусе 48,5 находится рецессивный ген, детерминирующий черный цвет тела, а в локусе 54,5 – рецессивный ген, обуславливающий пурпурный цвет глаз. Сколько типов гамет, и в каком процентном соотношении образуется у дигетерозиготной самки с серым цветом тела и коричневым цветом глаз?

**Задание 4.1.5.** У кроликов черная окраска шерсти (*B*) доминирует над коричневой (*b*), а сплошная окраска (*C*) над окраской типа шиншилла (*c*). Гены, контролирующие эти признаки, сцеплены. Гетерозиготных по этим признакам кроликов черной сплошной окраски скрестили с коричневыми шиншиллами и получили в потомстве:

- 31 – коричневые шиншиллы,
- 34 – черные сплошной окраски,
- 16 – коричневые сплошной окраски,
- 19 – черные шиншиллы.

Нарисуйте схему локализации аллелей этих генов у родителей и определите расстояние между этими генами.

**Задание 4.1.6.** Гены *dumpy* (*dp*), *clot* (*cl*) и *apterous* (*ap*) сцеплены и локализованы в хромосоме 2, *q* и *p* плечах у дрозофилы. По результатам серии скрещиваний получены следующие межгенные расстояния: *2qdp-2par* – 42, *2qdp-2qcl* – 3. В какой последовательности располагаются эти гены в хромосоме?

## **4.2. Хромосомное определение пола и наследование признаков, сцепленных с полом**

**Содержание темы.** Типы хромосомного определения пола. Половые хромосомы, гомо- и гетерогаметный пол. Наследование признаков, сцеплен-

ных с полом. Наследование признаков при нерасхождении половых хромосом. Балансовая теория определения пола. Наследование признаков, ограниченных и контролируемых полом.

**Цель обучения.** В теме рассматриваются закономерности наследования пола. Целью обучения является развитие у обучающихся представления о генетике пола, наследовании признаков, сцепленных с полом. Формирование пола зависит не только от сочетания половых хромосом, но и от соотношения между числом половых X-хромосом и аутосом.

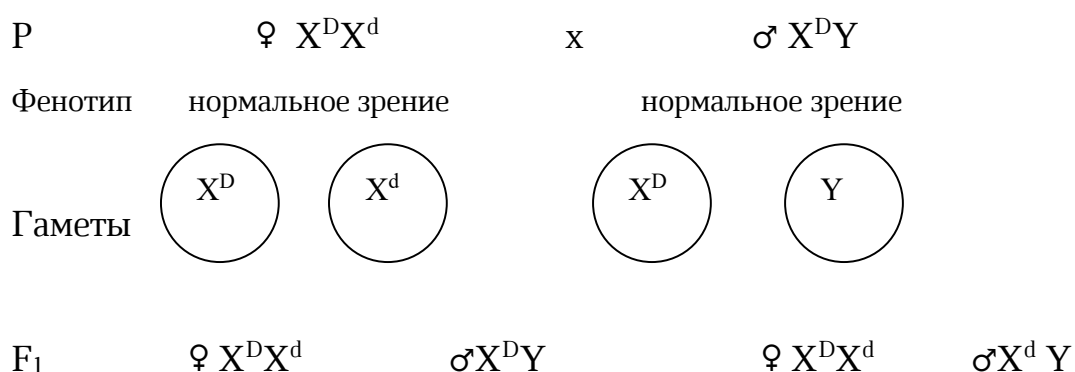
Цитогенетические основы наследования признаков, сцепленных с полом, в частности у млекопитающих, заключаются в том, что дочери всегда получают одну X-хромосому от матери, а другую X-хромосому – от отца, сыновья всегда получают Y-хромосому от отца, а X-хромосому – от матери.

Признаки, расщепление по которым при скрещивании связано с полом, называют сцепленными с полом. Эти признаки обусловлены генами, локализованными в половых хромосомах. При этом различают X- и Y- сцепленное наследование признаков. X-хромосома содержит некоторые гены, которых нет в Y-хромосоме, в том числе и гены, кодирующие не связанные с проявлением пола белки.

Рассмотрим схему наследования красно-зеленой цветовой слепоты у человека.

$D$  – аллель нормального зрения

$d$  – аллель дальтонизма



Фенотип	нормальное	нормальное	нормальное	дальтоник
	зрение	зрение	зрение	

Если гены расположены в половых хромосомах, то на схемах скрещивания их располагают соответственно либо на X-хромосоме, либо на Y-хромосоме.

**Задание 4.2.1.** У дрозофилы известно нерасхождение X-хромосом, когда они не расходятся в мейозе к разным полюсам клетки, а вместе направляются к одному из них. В результате этого получают яйца с двумя X-хромосомами и без них. После оплодотворения яйца с двумя X-хромосомами зигота несет три половые хромосомы – XXУ. Каков пол мухи с таким набором хромосом? Аргументируйте свой ответ.

**Задание 4.2.2.** У канареек ген зеленого оперения В и его аллель коричневого оперения в расположены в X-хромосоме. Наличие хохолка (С) и его отсутствие (с) определяется аутосомно. Какое будет потомство в F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub> от скрещивания от скрещивания зеленой самки без хохолка с гомозиготным коричневым хохлатым самцом?

**Задание 4.2.3.** (для самостоятельной работы) При спаривании коричневой хохлатой самки с самцом с зеленым оперением без хохолка получено потомство в соотношении: 2 зеленые хохлатые самки, 1 коричневый хохлатый самец и 1 коричневый без хохолка самец. Определить генотипы родителей.

**Задание 4.2.4.** Скорость оперения у цыплят является признаком, сцепленным с X-хромосомой. Доминантный аллель (D) обуславливает медленное формирование перьев, а рецессивный аллель (d) – быстрое формирующееся оперение. Скорость оперения цыплят можно узнать сразу же после выклева, поэтому этот признак используют для раннего разделения по полу. Какие генотипы должны иметь петух и курица, чтобы их потомство можно было разделить по полу?

**Задание 4.2.5.** У кур позднее оперение «К» сцеплено с полом и доми-

нирует над ранним оперением «к». Укажите генотипы и фенотипы петушков и курочек, полученных от спаривания следующих кур с гомозиготными петухами:

- а) курица с поздним оперением  $\times$  петух с ранним оперением;
- б) курица с ранним оперением  $\times$  петух с поздним оперением.

**Задание 4.2.6.** У кошек гены, определяющие окраску шерсти, сцеплены с полом. Ген «В<sub>1</sub>» дает рыжую окраску, ген «В<sub>2</sub>» – черную, а у гетерозигот получается пестрая окраска («черепаховая»). Каким будет потомство от спаривания черного кота с пестрой и с рыжей кошкой?

**Задание 4.2.7.** Выберите правильный вариант ответа на следующие вопросы.

**1. С чем может быть связано рождение сына, имеющего рецессивное Х-сцепленное заболевание, от двух здоровых родителей?**

- а) с наличием мутантного аллеля в Х-хромосоме отца;
- б) с гетерозиготным носительством матери;
- в) с новой мутацией у отца;
- г) с новой мутацией у матери.

**2. Почему дочери мужчины с Х-сцепленным рецессивным заболеванием являются гетерозиготными носительницами, а все сыновья – здоровыми?**

- а) дочери такого мужчины гетерозиготны по мутантному аллелю, так как получают его от отца; это же справедливо и для сыновей. И дочери, и сыновья такого мужчины здоровы, т.к. рецессивный ген в гетерозиготном состоянии не проявляется;
- б) дочери такого мужчины гетерозиготны по мутантному аллелю, полученному от отца вместе с его Х-хромосомой; сыновья этого отца здоровы, т.к. не получают от него Х-хромосому с рецессивным аллелем. Сын наследует от отца Y-хромосому;
- в) дочери такого мужчины гетерозиготны, т.к. женщина получает одну Х-

хромосому от матери, а другую от отца. Все сыновья такого мужчины больны, т.к. гемизиготны по мутантному аллелю.

**3. Каковы генотипы дочерей и сыновей у гетерозиготной носительницы гена рецессивного X-сцепленного заболевания?**

- а) все дочери здоровы, а сыновья больны;
- б) все дочери больны, а сыновья здоровы;
- в) все дочери здоровы, а у сыновей 50% -ный риск заболеть;
- г) вероятность рождения больной дочери составляет 50%; все сыновья такой женщины больны.

**4. Изменяется ли распределение по полу при доминантных X-сцепленных заболеваниях?**

- а) преимущественно поражаются мужчины;
- б) в основном болеют женщины;
- в) женщины болеют в два раза чаще, чем мужчины.

**5. Кому передает свое заболевание мужчина с доминантным X-сцепленным заболеванием:**

- а) всем своим сыновьям и ни одной из дочерей;
- б) всем своим дочерям и ни одному из сыновей;
- в) половине своих детей независимо от их пола;
- г) дочерям в два раза чаще, чем сыновьям.

**6. Кому передает свое заболевание женщина сцепленное с X-хромосомой:**

- а) всем своим сыновьям и ни одной из дочерей;
- б) всем своим дочерям и ни одному из сыновей;
- в) половине своих детей независимо от их пола;
- г) сыновьям значительно чаще, чем дочерям.

**Вопросы для самоконтроля**

1. Что такое группа сцепления согласно хромосомной теории?
2. Почему происходят отклонения от менделеевского соотношения феноти-

пов у потомков?

3. Как влияет кроссинговер на количественное соотношение фенотипов в случае сцепленного наследования признаков?
4. Как рассчитывают генетическое расстояние между генами?
5. Изложите принцип последовательного расположения генов в хромосоме.
6. Каков механизм наследования пола у разных видов животных (млекопитающих, птиц, рыб, земноводных и т.д.)
7. Опишите аномалии, связанные с половыми хромосомами.
8. Как наследуются признаки, сцепленные с полом?
9. Как наследуются признаки, ограниченные полом?



## ТЕМА 5. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

### 5.1. Биологическая роль и структура нуклеиновых кислот

**Содержание темы.** Понятие о генетической информации. Доказательства генетической роли нуклеиновых кислот. Структура ДНК и РНК. Функции нуклеиновых кислот в реализации генетической информации: репликация, транскрипция и трансляция. Молекулярные механизмы регуляции действия генов. Регуляция транскрипции на уровне промотора, функций РНК-полимеразы. Системная регуляция. Оперонные системы регуляции (теория Жакоба и Моно). Генетический анализ лактозного оперона. Принципы регуляции действия генов у эукариот. Посттранскрипционный уровень регуляции синтеза белков.

**Цель обучения.** В процессе освоения этой темы особое внимание стоит уделить пониманию роли нуклеиновых кислот в хранении, передаче и реализации наследственной информации в живых организмах.

Ген – это материальная единица наследственности и изменчивости и представляет собой участок ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота). В 1909 году В.Л. Иоганнсен ввел понятие «ген» как дискретной (делимой) единицы. Дискретность гена обусловлена наличием субъединиц. Ген имеет кодирующую часть (экзон), некодирующую часть (интрон) и фланкирующие последовательности – лидерная, предшествующая началу гена, и хвостовая не-транслируемая область. Молекула ДНК высших организмов может содержать много генов, которые кодируют определенный фермент, структурный белок или молекулу РНК. Строение молекулы ДНК было расшифровано в 1953 году Дж. Уотсоном, Ф. Криком и М. Уилкинсоном. Это крупный биополимер, состоящий из двух полинуклеотидных цепочек, закрученных вокруг общей оси в двойную спираль. В состав мономера – нуклеотида входят: остаток фосфорной кислоты ( $\text{PO}_4$ ); пяти-углеродный сахар – дезоксирибоза;

одно из четырех азотистых оснований (аденин, тимин, гуанин, цитозин). Аденин (А) и гуанин (Г) представляют пуриновые, а тимин (Т) и цитозин (Ц) - пиримидиновые основания. В нуклеотидах к молекуле дезоксирибозы с одной стороны присоединяется азотистое основание, а с другой – остаток фосфорной кислоты. Между азотистыми пуриновыми и, соответственно, пиримидиновыми основаниями устанавливаются нестойкие водородные связи. Четкое соответствие (взаимодополнение) аденина - тимину, гуанина – цитозину называется комплементарностью (рис. 1).

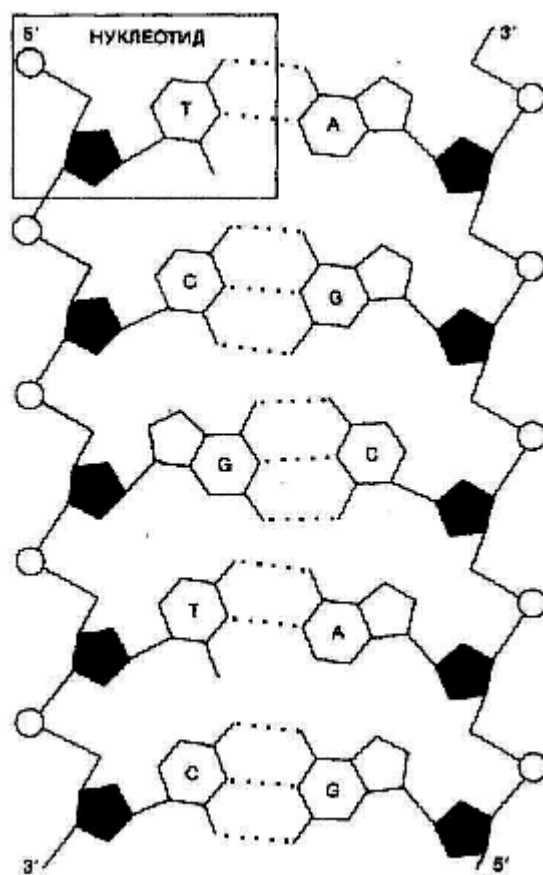


Рис.1. Комплементарность нуклеотидов молекулы ДНК (по Г. Фельзенфельду, 1985).

ДНК является носителем и хранителем наследственной информации (программы), обеспечивает ее преемственность от клетки к клетке, от организма к организму. В реализации генетической информации принимают участие разные типы РНК через процесс синтеза полипептидов.

Молекула РНК в отличие от ДНК, как правило, представлена одной

цепью нуклеотидов. Химический состав нуклеотидов РНК отличается тем, что вместо дезоксирибозы содержится рибоза, и вместо тимина – урацил (У). Различают несколько типов РНК в зависимости от их функций. Информационная РНК (и-РНК) считывает информацию с определенного участка ДНК и переносит данную информацию к месту синтеза белка – к рибосомам. Транспортная РНК (т-РНК) переносит аминокислоту к рибосомам (обеспечивается 20 типами т-РНК). Рибосомальная РНК (р-РНК) входит в комплекс с белками и образует субъединицы рибосом.

Генетическая информация реализуется посредством двух этапов. Транскрипция («переписывание») - процесс считывания информации с определенного участка ДНК (гена) на и-РНК, т.е. происходит синтез молекулы и-РНК. С помощью фермента РНК-полимераза, которая присоединяется к особому участку ДНК (промотор) и расплетает двойную спираль, считывается информация в направлении от 5'-конца к 3'-концу транскрибируемой цепи ДНК. По мере продвижения полимеразы вдоль молекулы ДНК нуклеотиды, комплементарные нуклеотидам молекулы ДНК, последовательно присоединяются к синтезируемой цепи РНК (рис. 2).

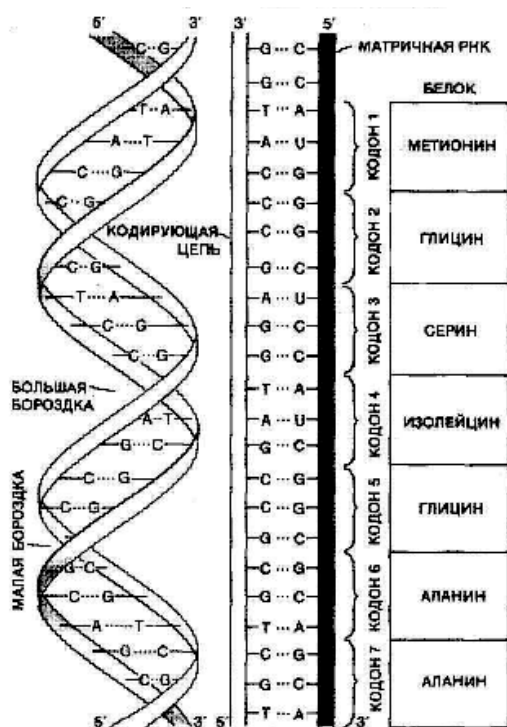


Рис. 2. Процесс реализации генетической информации (по Г. Фельзенфельду, 1985).

Таким образом, в РНК напротив аденина (А) ДНК включается урацил (У), напротив гуанина (Г) – цитозин (Ц), напротив тимина (Т) – аденин (А), напротив цитозина (Ц) – гуанин (Г).

Движение РНК-полимеразы вдоль цепи ДНК происходит до тех пор, пока не встретится так называемый сигнал терминации (стоп-кодон), т.е. завершается процесс синтеза РНК. Синтезированная молекула РНК подвергается процессингу («созревание»), т.е. молекула разрезается на фрагменты и те, которые содержат экзоны (кодирующие участки гена), вновь соединяются (сплайсируются). Некодирующие участки гена (интроны) вырезаются. В итоге из первичного транскрипта образуется матричная РНК (м-РНК), которая через поры в ядерной мембране выходит в цитоплазму к рибосомам, где синтезируется белок.

Следующий этап реализации генетической информации называется трансляцией («передача») – это перевод последовательности нуклеотидов и-РНК в последовательность аминокислот белка. Каждая аминокислота кодируется триплетом – тремя последовательными нуклеотидами. Триплет и-РНК называется кодоном, а триплет т-РНК – антикодоном. На рибосоме молекулы т-РНК, несущие определенные аминокислоты, взаимодействуют с и-РНК по принципу комплементарности. Таким образом, генетическая информация реализуется в соответствии с программой, записанной с помощью генетического кода, согласно схеме:

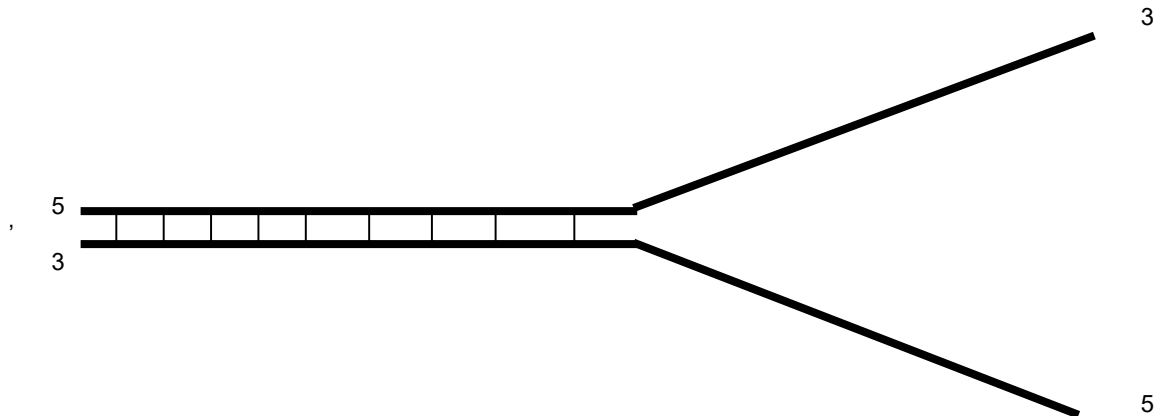


Стрелкой показано направление переноса генетической информации. Стрелка между ДНК и РНК показывает, что все молекулы РНК в клетке произведены на ДНК-матрице. Соответственно синтез всех белков определен молекулами РНК. В некоторых случаях РНК может служить матрицей для синтеза ДНК. Этот процесс называется обратной транскрипцией.

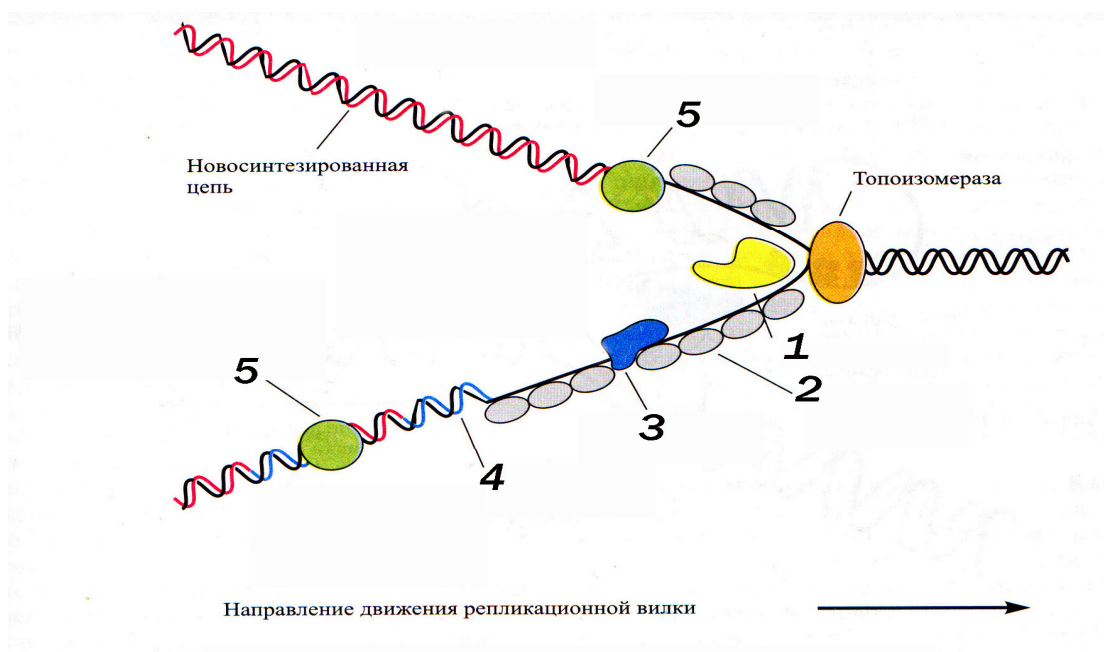
**Задание 5.1.1.** Фрагмент иРНК гена инсулина имеет следующее строение: УУУ ГУУ ГАУ ЦАА ЦАЦ УУА УГУ ГТГ УЦА ЦАЦ

Определите соотношение  $(A+T)/(G+C)$  в молекуле ДНК, соответствующей данному фрагменту.

**Задание 5.1.2.** (для самостоятельной работы) Обозначьте направление репликации, лидирующую и отстающую цепи.



**Задание 5.1.3.** (для самостоятельной работы) Обозначьте ферменты в репликационной вилке.



**Задание 5.1.4.** (для самостоятельной работы) Содержание гуанина в двухцепочечной ДНК составляет 28%. Определите процентное содержание всех нуклеотидов.

**Задание 5.1.4.** (для самостоятельной работы) Дайте определение оперона. Изобразите схему оперона с пояснениями.

## 5.2. Генетический код. Синтез белка в клетке.

**Содержание темы.** Свойства генетического кода. Доказательства триплетности кода. Расшифровка кодонов. Вырожденность кода. Терминирующие кодоны. Универсальность кода.

**Цель обучения.** Особый акцент при изучении материала по данной теме необходимо сделать на понимании молекулярных механизмов биосинтеза белка и его роли в обеспечении и поддержании жизнедеятельности клеток и организмов, генетического кода, его роли и значения в трансляции наследственной информации.

Генетический код – это система записи последовательности расположения нуклеотидов в молекуле нуклеиновых кислот, определяющая последовательность аминокислот в молекуле синтезируемого белка.

Аминокислота	Кодирующие триплеты - кодоны
Аланин (ала)	ГЦУ ГЦЦ ГЦА ГЦГ
Аргинин (арг)	ЦГУ ЦГЦ ЦГА ЦГГ АГА АГГ
Аспарагин (асп)	ААУ ААЦ
Аспарагиновая кислота (аспк)	ГАУ ГАЦ
Валин (вал)	ГУУ ГУЦ ГУА ГУГ
Гистидин (гис)	ЦАУ ЦАЦ
Глицин (гли)	ГГУ ГГЦ ГГА ГГГ
Глутамин (глу)	ЦАА ЦАГ
Глутаминовая кислота (глук)	ГАА ГАГ
Изолейцин (илей)	АУУ АУЦ АУА
Лейцин (лей)	ЦУУ ЦУЦ ЦУА ЦУГ УУА УУГ
Лизин (лиз)	ААА ААГ
Метионин (мет)	АУГ
Пролин (про)	ЦЦУ ЦЦЦ ЦЦА ЦЦГ
Серин (сер)	УЦУ УЦЦ УЦА УЦГ АГУ АГЦ
Тирозин (тир)	УАУ УАЦ
Треонин (тре)	АЦУ АЦЦ АЦА АЦГ
Триптофан (три)	УГГ
Фенилаланин (фен)	УУУ УУЦ
Цистеин (цис)	УГУ УГЦ
Стоп-кодон	УГА УАГ УАА

Генетический код обладает рядом свойств.

1. Триплетность. Каждая аминокислота кодируется тремя нуклеотидами (триплетом).
2. Вырожденность (избыточность). Одна аминокислота может кодироваться несколькими триплетами, исключение составляют метионин и триптофан.
3. Неперекрываемость. Считывание генетической информации не допускает возможности перекрывания кодонов между собой.
4. Однонаправленность. Кодоны последовательно прочитываются в направлении от 5'-конца к 3'-концу.
5. Универсальность. У всех организмов генетическая информация кодируется одинаково, за исключением митохондриальной ДНК.

Ознакомившись с молекулярными основами наследственности, рассмотрим пример. В матричной цепочке молекулы ДНК нуклеотиды чередуются следующим образом: Т-А-Ц-Ц-А-А-Г-Т-Ц-Т-А-А-Т-Т-Т. Определите последовательность нуклеотидов в комплементарной нити этой же молекулы ДНК. Затем проведите транскрипцию и трансляцию генетической информации. Установите, как изменится первичная структура синтезируемого белка, если в матричной нити ДНК произойдет мутация – выпадение четвертого нуклеотида.

При решении задачи обратите внимание на то, что одна и та же аминокислота может кодироваться несколькими кодонами. В этом случае следует использовать один из имеющихся кодонов.

#### 1. Построим комплементарную цепочку молекулы ДНК

												матричная нить		
Т	А	Ц	Ц	А	А	Г	Т	Ц	Т	А	А	Т	Т	Т
А	Т	Г	Г	Т	Т	Ц	А	Г	А	Т	Т	А	А	А
												комплементарная нить		

2. Проведем считывание генетической информации (транскрипция) с матричной нити ДНК, а также её трансляцию с помощью генетического кода.

**матричная нить ДНК**

Т А Ц Ц А А Г Т Ц Т А А Т Т Т

**и-РНК**

А У Г Г У У Ц А Г А У У А А А

**Белок**

метионин – валин – глутамин – изолейцин – лизин

3. В результате возникшей мутации изменится и-РНК, а также последовательность аминокислот.

**матричная нить ДНК**

Т А Ц А А Г Т Ц Т А А Т Т Т

**и-РНК**

А У Г У У Ц А Г А У У А А А

**Белок**

метионин – фенилаланин – аргинин – лейцин

**Задание 5.2.1.** Укажите последовательности нуклеотидов участков молекулы информационной РНК, образовавшихся на участках гена, в которых нуклеотиды ДНК расположены следующим образом:

а) ААТЦАЦГАТЦЦТТЦТАГГАГГ;

б) АТЦАТТЦЦГТАТТЦГТЦЦААГ;

в) ТЦГЦГТААГЦТГГЦТТАГЦЦГ.

**Задание 5.2.2.** Большая из двух цепей инсулина начинается со следующих аминокислот: фенилаланин – валин – аспарагин – глутаминовая кислота – гистидин – лейцин. Напишите последовательность нуклеотидов в начале участка молекулы ДНК, хранящего информацию об этом белке (генетический код прилагается).

**Задание 5.2.3.** Меньшая цепочка мономеров в молекуле инсулина заканчивается такими аминокислотами: лейцин – тирозин – аспарагин – тирозин – цистеин – аспарагин. Какой последовательностью нуклеотидов заканчивается соответствующий ген?



**Задание 5.2.4.** Сколькими способами может быть закодирован в генах участок белка из следующих пяти мономеров: пролин – лизин – гистидин – валин – тирозин, если учесть вырожденность генетического кода?

**Задание 5.2.5.** Под воздействием азотистой кислоты цитозин превращается в гуанин. Какое строение будет иметь участок синтезируемого белка с последовательностью аминокислот: серин – глицин – серин – изолейцин – треонин – пролин – серин, если все цитозиновые нуклеотиды соответствующего гена подвергались указанному химическому превращению?

**Задание 5.2.6.** Считая, что средняя относительная молекулярная масса аминокислоты 110, а нуклеотида около 300, скажите, что тяжелее: белок, или его информационная РНК?

**Задание 5.2.7.** Химическое исследование показало, что 30% общего числа азотистых оснований анализируемой информационной РНК приходится на урацил, 26% – на цитозин и 24% – на аденин. Что можно сказать о нуклеотидном составе соответствующего участка двуцепочечной ДНК, «слепок» с которого является исследованная РНК?

**Задание 5.2.8.** Цепочка аминокислот белка рибонуклеазы имеет строение: лизин – глутамин – треонин – аланин – аланин – аланин – лизин ... Какова последовательность азотистых оснований гена, кодирующего этот белок?

**Задание 5.2.9.** *(для самостоятельной работы)* Дан участок цепи ДНК: А Ц А А А А Т А... Определите: а) первичную структуру соответствующего белка; б) антикодоны т-РНК, участвующих в синтезе этого белка.

**Задание 5.2.10.** *(для самостоятельной работы)* Сколько нуклеотидов содержит ген, кодирующий белок инсулин, который состоит из 51 аминокислоты?

**Задание 5.2.11.** Вычислите длину и массу фрагмента ДНК, напишите последовательность составляющих его нуклеотидов, если известно, что одной из его нитей соответствует и-РНК следующего состава: УГА ААЦ ЦУА

ЦУА ААА УГА ЦАЦ. Длина каждого нуклеотида составляет 0,34 нм, средняя молекулярная масса одного нуклеотида – 345 Да. Решение поясните.

**Задание 5.2.12.** Белок состоит из 125 аминокислот. Сколько нуклеотидов входит в состав иРНК?

**Задание 5.2.13.** В состав и-РНК входит 17% адениновых нуклеотидов, 21% урациловых и 25% цитозиновых. Определите соотношение нуклеотидов в цепочке ДНК, с которой была считана информация на данную РНК.

### 5.3. Тестовые задания для текущего контроля

**1. Первичной структурой ДНК является:** (1 правильный ответ)

а) образование специфической пространственной конфигурации; б) формирование водородных связей между комплементарными азотистыми основаниями; в) последовательность расположения нуклеотидов в ковалентной цепи нуклеиновой кислоты.

**2. Три водородные связи при комплементарном спаривании наблюдается между:** (1 правильный ответ)

а) аденином и тиминном; б) цитозином и тиминном; в) гуанином и урацилом; г) цитозином и аденином; д) гуанином и цитозином.

**3. Укажите ферменты, участвующие в образовании 3',5'-фосфодиэфирной связи:** (1 правильный ответ)

а) ДНК-полимераза  $\alpha$ ; б) ДНК-полимераза  $\beta$ ; в) ДНК-полимераза  $\delta$ ; г) ДНК-хеликаза; д) ДНК-лигаза.

**4. Формирование вторичной структуры ДНК происходит за счет связей:** (1 правильный ответ)

а) ионных; б) водородных; в) сложноэфирных; г) ковалентных; д) эфирных.

**5. Белок состоит из 125 аминокислот. Сколько нуклеотидов входит в состав и-РНК?** (1 правильный ответ)

а) 125; б) 250; в) 355; г) 365; д) 375.

**6. Последовательность нуклеотидов ДНК прочитывается в направлении:** (1 правильный ответ)

- а) от 3'-конца к 5'-концу; б) от 5'-конца к 3'-концу; в) от 6'-конца к 3'-концу; г) от 5'-конца к 6'-концу.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какие нуклеиновые кислоты Вы знаете, каковы между ними различия?
2. В чем заключается правило комплементарности?
3. Опишите основные этапы реализации генетической информации.
4. Что такое кодон и антикодон?
5. Перечислите свойства генетического кода.
6. Как и когда происходит репликация ДНК? Перечислите ферменты репликации.
7. Одна из цепей ДНК имеет молекулярную массу 68310 Да. Какова длина цепи данной ДНК?
8. Фрагмент молекулы ДНК содержит 210 гуаниновых нуклеотидов, что составляет 14% от общего их количества. Определите, сколько в данном фрагменте содержится цитозиновых, адениновых и гуаниновых нуклеотидов?
9. Как называется фермент, ответственный за синтез ДНК как при репликации, так и при репарации?

## ТЕМА 6. МУТАЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

### 6.1. Мутагенез и мутагены

**Содержание темы.** Спонтанный и индуцированный мутационный процесс. Классификация мутагенов. Радиационный мутагенез: генетические эффекты ионизирующего излучения и УФ-лучей. Химический мутагенез. Особенности мутагенного действия химических агентов. Факторы, модифицирующие мутационный процесс. Антимутагены.

**Цель обучения.** В теме изучаются особенности мутагенного действия ионизирующих излучений и химических веществ, используемых в целях искусственного получения мутаций (индуцированные мутации), имеющих значение для селекции микроорганизмов и растений. Искусственное получение мутаций у животных имеет только экспериментальное значение.

**Задание 6.1.1.** Заполните таблицу соответствующей информацией. (для самостоятельной работы)

Класс мутагена	Пример мутагена	Тип повреждения генетического материала

**Задание 6.1.2.** (для самостоятельной работы) Напишите, какие типы повреждений ДНК вызывает ультрафиолетовые лучи.

**Задание 6.1.2.** (для самостоятельной работы) Напишите, какие типы повреждений ДНК вызывает радиация.

**Задание 6.1.3.** (для самостоятельной работы) Напишите, какие типы повреждений ДНК вызывают химические мутагены.

## **6.2. Классификации мутаций и их значение**

**Содержание темы.** Геномные мутации: полиплоидия, анеуплоидия, гаплоидия. Роль полиплоидии в эволюции и селекции. Анеуплоидия: нуллисомики, моносомики, полисомики. Особенности мейоза и образования гамет у анеуплоидов, их плодовитость и жизнеспособность. Хромосомные мутации: делеции, дупликации, инверсии, транслокации, транспозиции. Механизмы их возникновения. Особенности мейоза при различных типах перестроек. Классификация генных мутаций. Общая характеристика молекулярной природы возникновения генных мутаций: замена оснований, выпадение или вставка оснований.

**Цель обучения.** При освоении вопросов темы особое внимание следует уделить классификациям мутаций, механизмам их формирования и значения в эволюции и селекции.

Мутационная изменчивость возникает в результате изменения числа хромосом и изменений структуры молекулы, ДНК. Мутации появляются у отдельных особей и передаются потомству. Так как характер мутаций может быть разным, различают четыре их типа: полиплоидия, гетероплоидия, хромосомные перестройки, генные мутации.

Немаловажное значение для практики растениеводства имеет полиплоидия, при которой увеличение числа хромосом приводит к увеличению объема ядра и массы клеток, что в свою очередь является причиной повышения урожайности полиплоидов. Полиплоидия у сельскохозяйственных

животных, как животных раздельнополых (кроме шелкопряда), пока значения не имеет.

Хромосомные перестройки — это мутации, возникающие в результате нарушения структуры хромосом в результате утери частей хромосомы (нехватки, делении), обмена отдельными участками (транслокации), удвоения какого-либо участка (дупликации), распада хромосомы на части (фрагментации), переворота оторвавшихся частей (инверсии).

Генные (точковые) мутации связаны с изменением структуры ДНК, в результате выпадения замены или вставки нуклеотидов, что ведет к нарушению генетического кода.

Сходство наследственных изменений, наблюдаемых Н. И. Вавиловым у растений разных видов, позволило ему сформулировать закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. На основании этого закона можно предвидеть появление новых форм у близких видов и родов растений и животных.

**Задание 6.2.1.** Нарисуйте схему мейоза с возможным механизмом образования полиплоидных и анеуплоидных клеток.

**Задание 6.2.2.** Ниже представлен короткий участок иРНК и кодируемого им белка:

АГУ АЦГ ГЦУ  
*Ser Thr Ala.*













Две точковые мутации в кодирующей нити ДНК привели к тому, что в результате трансляции этой иРНК синтез белка останавливался после первого кодона, а первая аминокислота осталась *Ser*. Определите характер этих мутаций.

**Задание 6.2.3.** Одна из цепей ДНК имеет следующую последовательность нуклеотидов: ... А Т Ц Г Ц А А А Т...

Определите, какому типу мутаций будут соответствовать перечисленные ниже изменения первичной структуры ДНК:

- |                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| 1. А Т Т Г Ц А А А Т... | 3. А Т А Ц Г Ц А А А Т... |
| 2. А Т Г Ц А А А Т...   | 4. А Ц Т Г Ц А А А Т...   |

**Задание 6.2.4.** Заполните таблицу соответствующей информацией по структурным мутациям (цифрами обозначены аллели отдельных генов, гомологичные хромосомы изображены одинаковым цветом, негомологичные – разным).

Исходная хромосома	Измененная хромосома	Тип мутации
<p>1 2 3 4 5</p> 	<p>1 2 3 4</p> 	
<p>1 2 3 4 5 6</p>  <p>1 2 3 4 5 6</p>  <p>1 2 3 4 5 6</p>	<p>1 2 3 4 4 5 6</p>  <p>1 2 3 5 6</p> 	
<p>1 2 3 4 5 6</p> 	<p>1 5 4 3 2 6</p> 	
<p>1 2 3 4 5 6</p>  <p>1 2 3 4 5 6</p>  <p>1 2 3 4 5 6</p>	<p>1 2 3 4 5 6</p>  <p>1 2 3 4 5 6</p>  <p>1 2 3 4 5 6</p>	

### 6.3. Тестовые задания для текущего контроля

**1. Что известно о механизмах геномных мутаций?** (1 правильный ответ)

а) нерасхождение хромосом; б) утрата отдельных хромосом вследствие «анафазного отставания»; в) полиплоидизация, т.е. увеличение диплоидного числа хромосом путем добавления гаплоидных ( $n$ ) наборов, в связи с двойным оплодотворением или отсутствием I мейотического деления; г) нерасхождение хромосом в мейозе, «анафазное отставание» и полиплоидизации.

**2. Что такое анеуплоидия (гетероплоидия)?** (1 правильный ответ)

а) отсутствие отдельных хромосом или их избыточное число в геноме ( $2n - 1$  – моносомия,  $2n + 1$  – трисомия и т.д.); б) число хромосомных наборов, крат-

ное гаплоидному; в) уменьшение или увеличение диплоидного набора хромосом вдвое.

**3. Каковы механизмы мозаицизма?** (1 правильный ответ)

а) соматическое нерасхождение в митотически делящихся клетках во время раннего развития может приводить к мозаицизму с наличием нормальных клеток, трисомных и моносомных; б) утрата хромосом на ранних стадиях дробления зиготы из-за анафазного отставания одной хромосомы может приводить к мозаицизму с наличием нормальной и моносомной клеточных популяций; в) отцовская X-хромосома может быть утрачена в стадии пронуклеусов, т.е. в периоде перед проникновением ядра спермия в ооцит; г) механизмами мозаицизма (присутствие в организме двух или более различных клеточных популяций, но имеющих общее происхождение) являются нерасхождение хромосом, анафазное отставание одной из хромосом на ранней стадии дробления зиготы в стадии пронуклеусов.

**4. Какие хромосомные перестройки относят к структурным?** (1 правильный ответ)

а) трисомию, моносомию, триплоидию; б) делецию, инверсию, дупликацию, кольцевые хромосомы, транслокацию, инсерции и изохромосомы; в) тетраплоидию, пентаплоидию, тетрасомию, реципрокные обмены, центрическое слияние.

**5. Межхромосомные мутации — это:** (1 правильный ответ)

а) транслокации и изохромосомы; б) делеции и инверсии, кольцевые хромосомы; в) инсерции и дупликации.

**6. Какие хромосомы чаще вовлекаются в центрические слияния?**

(1 правильный ответ)

а) в центрическое слияние (робертсоновскую транслокацию) чаще вовлекаются большие метацентрические хромосомы; б) чаще вовлекаются акроцентрические хромосомы, при этом короткие плечи и одна из центромер утрачиваются; в) в центрическое слияние вступают метацентрические хромосомы, при этом более короткие плечи и одна из центромер утрачиваются.



**7. Какой из перечисленных синдромов является моносомией?** (1 правильный ответ)

а) синдром Дауна; б) синдром Шерешевского-Тернера; в) синдром трипло-Х.

**8. Какие болезни называют генными?** (1 правильный ответ)

а) болезни, наследующиеся в соответствии с законом Менделя; б) болезни, обусловленные мутациями в одном или нескольких генах (локусах); в) только моногенные заболевания; г) только менделирующие болезни; д) все болезни, связанные с генными влияниями.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Приведите примеры полезных, вредных и нейтральных мутаций с физиологической точки зрения.

2. Почему робертсоновские транслокации относят к структурным мутациям, а не к числовым?

3. При каких мутациях происходит перемещение небольших участков генетического материала между разными хромосомами?

4. Какие мутации относятся к межхромосомным?

5. В результате какого явления возникают дупликации и делеции?

## ТЕМА 7. ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦИЙ

### 7.1. Популяция и факторы динамики её генетической структуры

**Содержание темы.** Понятие о виде и популяции. Понятие о частотах генов и генотипов. Математические модели в популяционной генетике. Закон Харди-Вайнберга, возможности его применения.

Факторы динамики генетического состава популяции (дрейф генов), мутационный процесс, действие отбора, межпопуляционные миграции. Понятие о внутрипопуляционном генетическом полиморфизме и генетическом грузе. Естественный отбор как направляющий фактор эволюции популяций. Формы отбора: движущий, стабилизирующий, дизруптивный.

Значение популяционной генетики для селекции, решения проблем сохранения генофонда ценных культурных и диких форм растений и животных и биологического разнообразия.

**Цель обучения.** В процессе изучения темы обучающийся знакомится с генетическими характеристиками структуры популяций, законом Харди-Вайнберга, понятиями о процессах, нарушающих этот закон, типами отбора.

Изучение материала начинается с определения понятий «популяция» и «чистая линия». Выясните причины различной эффективности отбора в популяциях и чистых линиях. После усвоения этого материала можно перейти к изучению вопроса о генетической структуре популяции.

В свободно размножающейся многочисленной популяции, в которой отсутствуют отбор, мутации, дрейф генов, из поколения в поколение сохраняется определенная структура, т.е. соотношение генотипов и концентрация аллелей.

Пользуясь формулой Харди-Вайнберга:  $p^2AA + 2pqAa + q^2aa = 1$  можно выяснить соотношение генотипов в популяции. В формуле  $p$  и  $q$  – частота встречаемости аллелей  $A$  и  $a$ , соответственно. Три слагаемых формулы означают частоту соответствующих генотипов: доминантных гомозигот ( $p^2AA$ ), гетерозигот ( $2pqAa$ ), рецессивов ( $q^2aa$ ).

Самоопыление у растений и спаривание животных, находящихся в той или иной степени родства, называется родственным спариванием, или инбридингом (инцухтом).

Инбридинг у животных применяется в целях повышения генетического сходства потомков с предком, выдающимся по хозяйственно полезным качествам. Однако практика свидетельствует о том, что инбредное потомство по показателям развития и жизнеспособности уступает организмам, полученным от неродственных спариваний. В связи с этим в процессе эволюции выработались многочисленные препятствия к самоопылению: раздельнополость, приспособленность к перекрестному опылению и др. Негативное действие родственных спариваний проявляется в инбредной депрессии.

Приемом, снижающим вероятность значительной депрессии, является топкросс, т. е. скрещивание инбредных самцов с неродственными (аутбредными) самками. Результаты, полученные при скрещивании и противоположные инбредной депрессии, получили название гетерозиса, который наиболее ярко выражен у помесей первого поколения.

Так как родственные организмы характеризуются сходными генотипами, то у инбредных животных наблюдается возрастание гомозиготности. При скрещивании же гомозиготность уменьшается, а возрастает гетерозиготность.

**Задание. 7.1.1.** Альбинизм у ржи наследуется как аутосомно-рецессивный признак. На обследованном участке среди 84000 растений обнаружено 210 альбиносов. Определите частоту встречаемости гена альбинизма у ржи.

**Задание. 7.1.2.** На одном из островов было отстреляно 10000 лисиц. 9991 из них оказались рыжего цвета (доминантный признак) и 9 особей белого цвета (рецессивный признак). Определите частоту встречаемости генотипов гомозиготных рыжих лисиц, гетерозиготных рыжих и белых в данной популяции.

**Задание. 7.1.3.** Отметьте, какие факторы оказывают существенное влияние на изменение частот аллелей, а какие – частот генотипов?

Фактор	Частота	
	аллелей	генотипов
Естественный отбор		
Мутации		
Миграция особей		
Дрейф генов		
Неслучайное скрещивание		
Селекция		
Инбридинг		

**Задание. 7.1.4.** В свободно размножающейся популяции, подчиняющейся закону Харди-Вайнберга, частоты аллелей А и а равны соответственно 0,3 и 0,7. Какой процент в данной популяции составляют гомозиготы по этим аллелям?

**Задание. 7.1.5.** У андалузских кур окраска оперения определяется одной парой генов (В, b). Гомозиготы ВВ – черные, bb – белые, а гетерозиготы Вb – голубые. В стаде кур, насчитывающим 10000 особей, имеется 6000 черных птиц, 2000 голубых и столько же белых. Определите частоты генов в этой популяции.

**Задание. 7.1.6.** Изучая распространение безухости в популяции каракульских овец, Б.Н. Васин по гену безухости установил следующее соотношение генотипов: 729АА+111Аа+4аа. Соответствует ли это соотношение теоретически ожидаемому, рассчитанному по формуле Харди-Вайнберга?

**Задание. 7.1.7.** В свободно размножающейся популяции доля особей с генотипом АА равна 0,09. Какая часть популяции должна быть гетерозиготной Аа?

**Задание. 7.1.8.** У крупного рогатого скота мышечная контрактура (неподвижность) наследуется как рецессивный аутосомный признак. В стаде

среди 2000 телят появилось 5 с контрактурой мышц. Какова частота гена, отвечающего за эту аномалию? Сколько гетерозиготных носителей этого гена можно ожидать среди фенотипически нормальных телят?

**Задание. 7.1.9.** Охарактеризуйте типы отбора, в зависимости от их влияния на признаки.

Тип отбора	Эффект отбора
Стабилизирующий	
Дизруптивный (рассекающий)	
Направленный (движущий)	

**Задание. 7.1.10.** В популяции из 500 свиней 380 имеют белую масть, которая доминирует над черной. Определите генетическую структуру изучаемой популяции.

**Задание. 7.1.11.** В каком случае эффективность отбора будет выше – против доминантных аллелей или рецессивных? Поясните ответ.

**Задание. 7.1.12.** В Европе примерно 40% населения имеет I группу, 40% – II группу, 15% – III группу и лишь 5% – IV группу. Проверьте, соответствует ли наблюдаемое в Европе соотношение групп крови АВ0-системы закону Харди-Вайнберга, и найдите частоты генов этой системы.

## 7.2. Тестовые задания для текущего контроля

**1. Приток в популяцию новых генотипов из других популяций называется:** (1 правильный ответ)

а) дрейф генов; б) миграция особей; в) искусственный отбор; г) межвидовое скрещивание; д) инбридинг.

**2. Направляющим фактором эволюции по Ч. Дарвину является:**

(1 правильный ответ)

а) изменчивость; б) искусственный отбор; в) изоляция; г) естественный отбор; д) наследственность.

**3. Комплекс отрицательных последствий инбридинга получил название:** (1 правильный ответ)

а) гетерозис; б) повышение жизнеспособности особей; г) инбредная депрессия; д) инбредный синдром.

**4. Элементарными эволюционными факторами являются:** (1 правильный ответ)

а) мутации, миграции особей, изоляция; б) направленное изменение генофонда популяции; в) изоляция, популяционные волны и поток генов; г) борьба за существование и естественный отбор;

**5. Какова роль мутаций в эволюционном процессе:** (1 правильный ответ)

а) изменяют частоту генов и генотипов в популяциях; б) поддерживают частоту генов и генотипов в популяциях; в) повышают генетический полиморфизм природных популяций; г) снижают генетический полиморфизм природных популяций; д) являются элементарным эволюционным материалом.

**6. Насыщение природных популяций рецессивными мутантными генами:** (1 правильный ответ)

а) повышает приспособленность организмов к изменяющимся условиям среды; б) снижает приспособленность организмов к изменяющимся условиям среды; в) повышает генетическую гетерогенность популяций; г) снижает генетическую гетерогенность популяций; д) снижает выживаемость особей вида.

**7. Генетический груз – это:** (1 правильный ответ)

а) насыщенность популяций положительными мутациями; б) отсутствие мутаций в популяциях; в) насыщенность популяций нейтральными мутациями; г) насыщенность популяций отрицательными мутациями; д) насы-

ценность популяций мутациями, снижающими приспособленность отдельных особей.

**8. Дрейф генов – это:** (1 правильный ответ)

а) случайные колебания частот генов и генотипов в малых популяциях;  
б) увеличение численности природных популяций; в) уменьшение численности природных популяций; г) колебания численности природных популяций вследствие колебаний факторов внешней среды; д) результат борьбы за существование.

**9. Виды изоляции:** (3 правильных ответа)

а) географическая; б) генетическая; в) физическая; г) экологическая.

**Вопросы для самоконтроля**

1. В чем различия между природной и сельскохозяйственной популяцией?
2. Дайте определение генетической структуре популяции.
3. Влияет ли инбридинг на структуру свободно размножающейся популяции?

## 8. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕЛЕКЦИИ

### 8.1. Основы селекции

**Содержание темы.** История селекции. Выдающиеся отечественные селекционеры. Н.И. Вавилов – выдающийся отечественный генетик, селекционер, агроном, ботаник, географ-путешественник. Закон гомологических рядов Н.И. Вавилова и его практическое значение. Структура современной селекции. Понятие о сорте, породе, штамме. Мутационная изменчивость в селекции. Индуцированный мутагенез, его значение. Типы мутагенов. Полиплоидизация. Использование соматических мутаций в селекции.

**Цель обучения.** В ходе изучения этой темы обучающиеся знакомятся с достижениями отечественных селекционеров, основными терминами селекции, использованием мутационной изменчивости для создания новых сортов растений, пород животных.

**Задание 8.1.1.** Перечислите задачи селекции в растениеводстве и животноводстве.

Растениеводство	Животноводство



**Задание 8.1.2.** Приведите примеры практического значения закона гомологических рядов в наследственной изменчивости.

## **8.2. Методы селекции**

**Содержание темы.** Теория гибридизации. Комбинативная изменчивость в селекции. Типы скрещивания. Инбридинг и инцухт; их использование при выведении новых пород и сортов. Гетерозис. Эколого-географические скрещивания. Отдаленная гибридизация. Соматическая гибридизация.

**Цель обучения.** Основной целью освоения темы является ознакомление обучающихся с современными методами селекции, их значением.

**Задание 8.2.1.** Перечислите основные методы селекции и отметьте их значение.

Метод селекции	Значение

**Задание 8.2.2.** Топинамбур (*Helianthus tuberosus*) - гексаплоидный вид ( $2n = 102$ ). Определить гаплоидное ( $n$ ) и основное ( $x$ ) числа хромосом.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что лежит в основе закона гомологических рядов фенотипической изменчивости у родственных видов?
2. Определить, какие типы гамет образуют тетраплоиды: а) AAAa; б) Aaaa; в) AAaa.
3. Приведите примеры применения искусственного мутагенеза в селекции.

## **ТРЕБОВАНИЯ К НАПИСАНИЮ И ЗАЩИТЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Написание контрольной работы по актуальным темам современной генетики и селекции представляет собой одну из форм самостоятельной работы бакалавров по дисциплине «Генетика и селекция» и выполняется в соответствии с рабочим учебным планом по направлению подготовки 06.03.01 Биология. Контрольная работа носить характер аналитико-синтетического обзора научной литературы по выбранной теме.

Цель написания контрольной работы – углубленное изучение отдельных тем и разделов учебной дисциплины «Генетика и селекции» и овладение навыками анализа научной литературы. В процессе выполнения заданий по самостоятельной работе решаются следующие задачи:

- закрепление и углубление теоретических и практических знаний по дисциплине «Генетика и селекции» и применение полученных знаний для решения конкретных задач;
- приобретение навыков обобщения и анализа научной литературы по изучаемому вопросу;
- грамотное оформление и умение представить результаты анализа в виде научного доклада и защитить их в последующей дискуссии.

Контрольная работа включает следующие структурные элементы:

- титульный лист;
- содержание (оглавление);
- перечень сокращений, условных обозначений, символов, единиц и терминов (при необходимости);
- введение;
- аналитическая часть;
- заключение;

- список литературы;
- приложение (при необходимости).

Специфика структуры контрольной работы может определяться особенностями анализируемых вопросов.

Текст работы должен удовлетворять следующим основным требованиям: отражать умение работать с литературой, выделять проблему и определять методы её решения, последовательно излагать существо рассматриваемых вопросов, показывать владение соответствующим понятийным и терминологическим аппаратом; иметь приемлемый уровень языковой грамотности, включая владение стилем научного изложения. Тематика контрольной работы должна быть актуальной и соответствовать современному состоянию и перспективам развития генетики и селекции, а также задачам учебной дисциплины.

Тематику контрольной работы определяет ведущий преподаватель кафедры по дисциплине «Генетика и селекция». Студенты могут самостоятельно выбирают тему работы в соответствии со своими интересами по согласованию с ведущим преподавателем.

Завершенную и полностью оформленную работу обучающийся представляет преподавателю для проверки и предварительной оценки не позднее, чем за 6 недель до начала экзаменационной сессии. Контрольные работы проверяются в срок до 5 дней. Работы, не отвечающие установленным требованиям, возвращаются для доработки. Защита контрольной работы в виде презентации проводится во время занятия.

Контрольная работа начинается с титульного листа, оформленного в соответствии приложением 1. Далее следует содержание работы (прил. 2), включающее введение, несколько разделов аналитической части, заключение, список литературы, приложения (при необходимости).

Следующий раздел – введение, в котором важно раскрыть новизну, актуальность выбранной темы. Введение содержит общий обзор работы, поз-

воляющий составить представление об исследуемой проблеме.

Аналитическая часть контрольной работы представляет собой обобщенное изложение текста по изучаемому вопросу. В этой части необходимо подробно описать проблему с обоснованием ее актуальности на основе анализа современного состояния исследований и разработок по выбранной тематике. Для этого студенты просматривают разные виды источников литературы, содержание которых связано с темой реферата. К ним относятся материалы, опубликованные в монографиях, центральных отечественных и зарубежных журналах («Молекулярная генетика», «Генетика», «Сельскохозяйственная биология», «Радиационная биология. Радиоз экология», «Природа», «Медицинская генетика», «Trends in Genetics», «Genes», «Chromosomes and Cancer», «Genomics» et al.), рукописные документы (диссертации и т.д.). С помощью информационно-поисковых систем (например, <http://www.scholar.ru/>, <http://www.sciencedirect.com>) можно осуществлять поиск электронных документов по выбранной тематике.

Обзор темы следует начинать с работ, в которых представлены сведения об основных вопросах и проблемах, на которых базируется исследуемая тематика. Аналитическая часть контрольной работы показывает уровень знакомства студента со специальной литературой, его умение систематизировать источники, критически их изучать, выделять значимое, оценивать результаты, полученные другими исследователями.

При описании данных анализируемой литературы непременно следует приводить ссылки на автора (или группу авторов) с указанием года издания или номера литературного источника. Например: «По данным Н.А. Кравченко (1973) установлено, что...» или «По данным [12] установлено, что ....».

В заключении приводится краткий и содержательный анализ основных положений, представленных в аналитической части. В этот раздел могут включаться также рекомендации относительно перспектив продолжения данной работы.

Список литературы представляет собой одну из важных частей контрольной работы и отражает самостоятельную, творческую работу студентов.

В списке указывают использованные научные публикации, а также другие источники, в том числе электронные. На все перечисленные в списке использованной литературы источники в соответствующих местах работы должны быть сделаны ссылки (номер источника в квадратных скобках или фамилия первого автора и год опубликования).

Каждый проанализированный источник литературы должен быть включен в список, который оформляется в алфавитном порядке согласно требованиям ГОСТ Р 7.05-2008 Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления.

Примеры описания различных видов изданий

***Книги с одним автором***

Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции / С.С. Шварц. – М.: Наука, 1980. – 325 с.

***Книги с двумя, тремя и более авторами***

Рябинина З.А. Полиплоидия и гипертрофия клеток в процессах роста и восстановления / З.А. Рябинина, В.А. Бенюш. – М.: Медицина, 1973. – 207с.

***Книги под заглавием***

Генетика и патология / под ред. Е.Ф. Давиденковой и Г.Н. Крыжановского. – М.: Медицина, 1968. – 311с.

***Статья из периодического издания***

Богданов А.А. Теломеры и теломераза / А.А. Богданов // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – №12. – С. 12-17.

Thomsom C. Apoptosis in the pathogenesis and treatment of disease / C. Thomsom // Science. – 1995. – V. 267. – P. 1456-1462.

Безлепкин В.Г. Индуцированная нестабильность генома половых клеток животных по мини- и микросателлитным последовательностям / В.Г. Безлепкин, А.И. Газиев // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2001. – Т. 41, №

5. – С. 475-488.

### ***Статья из сборника, книги***

Кочнева М.Л. Химеры крупного рогатого скота / М.Л. Кочнева, Т.Б. Парамонова, О.А. Щеголева, Е.В. Парамонов // Болезни с наследственной предрасположенностью у сельскохозяйственных животных: сб. науч. тр. – Новосибирск, 1990. – С.16-19.

Дубинин Н.П. Мутагены среды и наследственность человека / Н.П. Дубинин // Успехи современной генетики. – М.: Наука, 1984. – Вып. 12. – С.3-29.

### ***Автореферат диссертации***

Абдул Ахад Бисвас А.К.М. Сравнительный анализ геномов крупного рогатого скота и овец : автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.15/ А.К.М. Абдул Ахад Бисвас. – СПб., 2004. – 22 с.

### ***Неопубликованные документы***

Куликова С.Г. Цитогенетический мониторинг крупного рогатого скота в разных экологических зонах Западной Сибири и Северного Казахстана: дис. ... д-ра биол. наук: 06.02.01; 03.00.13 / С.Г. Куликова; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 1998. – 294 с.

### ***Описание электронных ресурсов***

Bürger R. Why Are Phenotypic Mutation Rates Much Higher Than Genotypic Mutation Rates? / R. Bürger, M. Willensdorfer and M. A. Nowak // [http: // intl.genetics.org/](http://intl.genetics.org/) (дата обращения 28.03.2016).

Дополнительные материалы, которые, по мнению автора, могут не входить в основную часть контрольной работы, приводятся в приложении. При этом в тексте работы на все приложения также должны быть даны ссылки. Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием в верхнем правом углу слова «Приложение». Приложение должно иметь заголовок и общую с остальной частью реферата сквозную нумерацию страниц.

Контрольная работа должна быть отпечатана на одной стороне листа белой бумаги формата А4 через полтора интервала. Цвет шрифта должен быть черным, размер шрифта – 14. Рекомендуется устанавливать следующие размеры полей: левое – 35 мм, верхнее и нижнее – 20 мм, правое – 15 мм.

Объем контрольной работы должен составлять от 10 до 20 страниц, включая список литературы не менее 10 источников.

Критерии оценки представления обучающимся контрольной работы и их количественная характеристика

Критерий оценки	Балл
1. Соответствие содержания поставленной теме контрольной работы	0-4
2. Теоретический уровень проработанности и полнота раскрытия темы	0-8
3. Логика и последовательность изложения	0-2
4. Презентация доклада по теме контрольной работы	0-2
Максимальная сумма баллов	16

Контрольная работа считается выполненной, если сумма баллов составляет более 8.

### **Примерные темы контрольных работ и их содержание**

#### **1. Молекулярные основы моногенных болезней у человека**

1.1. Понятие о моногенных заболеваниях: этиология, классификация.

1.2. Диагностика моногенных болезней в России.

1.3. Характеристика наиболее распространенных моногенных заболеваний (гемофилия А и В; муковисцидоз; фенилкетонурия; миодистрофия Дюшенна-Беккера).

Заключение.

Список литературы.

Приложение.

#### **2. Современные вопросы эволюционной теории.**

2.1. Представления об эволюции живого мира до Дарвина.



2.2. Теория эволюции Дарвина.

2.3. Понятие о микро- и макроэволюции. Синтетическая теория эволюции.

2.4. Современные достижения сравнительной генетики с точки зрения изучения происхождения и эволюции человека.

Заключение.

Список литературы.

Приложение.

### **3. Генетическая система митохондрий.**

3.1. Характеристика генома митохондрий.

3.2. Особенности генетического кода митохондриальной ДНК (мт-ДНК).

3.3. Митохондриевые генетические болезни человека.

3.4. Прикладное значение изучения мт-ДНК.

Заключение.

Список литературы.

Приложение.

### **4. Закон гомологических рядов наследственной изменчивости Н.И. Вавилова и его практическое значение.**

4.1 История становления закона параллельной наследственной изменчивости.

4.2. Суть закона гомологических рядов наследственной изменчивости.

4.3. Теоретическое и практическое значение закона.

Заключение.

Список литературы.

Приложение.

### **5. Теоретические основы и механизмы геномного импринтинга.**

5.1. Общие представления о геномном импринтинге.

5.2. Механизмы геномного импринтинга.

5.3. Клиническая характеристика синдромов Прадера-Вилли (СПВ), Ан-

гельмана (СА). Молекулярная основа патологий.

Заключение.

Список литературы.

Приложение.

## **6. Использование ДНК-технологий в селекции животных и растений.**

6.1. ДНК-технологии: основные понятия, классификация методов.

6.2. Молекулярно-генетические маркеры, используемые в селекции растений и животных.

6.3. Прикладные аспекты ДНК-технологий: достижения и перспективы.

Заключение.

Список литературы.

Приложение.

## **7. Картирование генома человека.**

7.1. Основные подходы к картированию генома человека.

7.2. Генетические и физические карты сцепления.

7.3. Проект «Геном человека», основные достижения и его значение.

Заключение.

Список литературы.

Приложение.

## **8. Теоретические основы и современные методы генной инженерии.**

8.1. Этапы генно-инженерных работ.

8.2. Методы выделения ДНК данного гена и переноса генов.

8.3. Генетическая инженерия растений и животных, прикладное значение.

Заключение.

Список литературы.

Приложение.

## **9. Трансгенные животные и растения.**

9.1. Способы получения трансгенных многоклеточных организмов.

9.2. Использование трансгенов у животных.

9.3. Трансгенные растения.

9.4. Генотерапия наследственных заболеваний у человека. Проблемы, возникающие с практическим применением генотерапии.

Заключение.

Список литературы.

Приложение.

## **10. Явление гетерозиса и его генетическая сущность.**

10.1. Понятие о гетерозисе.

10.2. Классификация типов гетерозиса.

10.3. Теории, объясняющие генетическую основу гетерозиса.

10.4. Использование гетерозиса в селекции растений и животных.

Заключение.

Список литературы.

Приложение.

## **11. Феномен диминуции хроматина и хромосом.**

11.1. С-парадокс: размер генома и избыточная ДНК.

11.2. Диминуция у инфузорий.

11.3. Диминуция у аскарид.

11.4. Элиминация хромосом и определение пола у насекомых.

Заключение.

Список литературы.

Приложение.

## **12. Современные вопросы сравнительной и функциональной протеомики.**

12.1. Разделы протеомики.

12.2. Методы протеомики.

12.3. Бактериальный протеом.

12.4. Значение сравнительной и функциональной протеомики.

Заключение.

Список литературы.

Приложение.

### **13. Современные вопросы геномики.**

13.1. Происхождение и эволюция генома эукариот.

13.2. Направления исследований геномики: теория и практика.

13.3. Методы анализа генома.

13.4. Сравнительная геномика.

Заключение.

Список литературы.

Приложение.

### **14. Основные проблемы эпигенетики.**

14.1. Понятие об эпигенетике. История открытия эпигенетических механизмов.

14.2. Эпигенетические механизмы: метилирование ДНК, модификации гистонов.

14.3. Значение эпигенетических изменений в организме.

Заключение.

Список литературы.

Приложение.

### **15. Механизмы репарации и репликации ДНК.**

15.1. Механизмы прямой коррекции мутационных повреждений ДНК.

15.2. Сложные механизмы репарации ДНК.

15.3. Гомологичная и сайт-специфическая рекомбинация генетического материала.

15.4. Генная конверсия.

Заключение.

Список литературы.

Приложение.

## **16. Мобильные генетические элементы.**

16.1. История открытия мобильных генетических элементов (МГЭ).

16.2. Классификация МГЭ у прокариот и эукариот.

16.3. Структура и функциональное значение МГЭ.

Заключение.

Список литературы.

Приложение.

## **17. Структура гена.**

17.1. Оперонный принцип организации генов у прокариот.

17.2. Методы синтеза генов и их значение.

17.3. Структурная и регуляторная часть гена.

Заключение.

Список литературы.

Приложение.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Генетика – Ежемесячный журнал РАН. 1986-2021 гг.
2. Генетика. Учебник / Петухов В.Л., Короткевич О.С., Стамбеков С.Ж. - Новосибирск, 2007. – 616 с.
3. Генетика. Учебник для вузов/ Под ред. академика РАМН В.И. Иванова. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 638 с.
4. Генетика: учебное пособие / М. Н. Ситников, З. И. Боготова, М. М. Биттуева [и др.]. – Нальчик: КБГУ, 2019. — 119 с. – Текст: электронный // Лань: ЭБС. – URL: <https://e.lanbook.com/book/170817>.
5. Геномика – медицине. Научное издание / Под ред. Акад. РАМН В.И. Иванова и др. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. - 392с.
6. Глазко В.И. Традиционное и метаболомическая селекция овец: монография / В. И. Глазко, Ю. А. Юлдашбаев, А. В. Кушнир, Б. К. Салаев. - Москва: КУРС: ИНФРА-М, 2018. - 560 с. - (Наука). - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/>.
7. Жимулёв И.Ф. Общая и молекулярная генетика: Учеб. пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2003. – 479 с.
8. Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции.- М., 2010 - 720 с.
9. Кайданов Л.З. Генетика популяций: Учеб. для биол., мед. и с.-х. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1996. – 320 с.
10. Карманова, Е. П. Практикум по генетике: учебное пособие для вузов / Е. П. Карманова, А. Е. Болгов, В. И. Митютько. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 228 с. — ISBN 978-5-8114-7823-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/166343>.
11. Киселева, Т. Н. Основы генетики: учебно-методическое пособие / Т. Н. Киселева. — Тамбов: ТГУ им. Г.Р.Державина, 2020. — 98 с. — ISBN 978-5-00078-417-4. — Текст : электронный // Лань: электронно-

- библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/177094>.
12. Клаг У., Каммингс М. Основы генетики. – М.: Техносфера, 2007. – 896 с.
  13. Коряков Д.Е. Хромосомы. Структура и функции / Д.Е. Коряков, И.Ф. Жимулев. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. - 258 с.
  14. Марков А. Рождение сложности. Эволюционная биология сегодня. Неожиданные открытия и новые вопросы. Астрель, Corpus, 2010.
  15. Сазанов, А. А. Основы генетики [Электронный ресурс] / А. А. Сазанов. - СПб.: ЛГУ им. А. С. Пушкина, 2012. - 240 с.
  16. Циммер К. Эволюция. Триумф идеи. Альпина нон-фикшн, 2013.

### ***Интернет-ресурсы***

1. <http://www.biotechnolog.ru/>
2. <http://www.genetics.timacad.ru/>
3. <http://www.biomedcentral.com/bmccellbiol/>
4. [http://www.edu.ru/http://www.evolbiol.ru/markov\\_anthropogenes.htm](http://www.edu.ru/http://www.evolbiol.ru/markov_anthropogenes.htm)
5. <http://www.scholar.google.ru/>
6. <http://humbio.ru/>

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Аберрация хромосомная** – тип мутации, в результате которой происходит нарушение структуры хромосомы.

**Аддитивные гены** – однозначно (суммарно) действующие неаллельные гены на развитие одного и того же признака.

**Акроцентрическая хромосома** – хромосома, у которой центромера расположена терминально (на конце), при этом хорошо различимо одно плечо хромосомы.

**Аллель** – одно из возможных структурных состояний гена. Аллели возникают в результате генных мутаций и различаются по своему фенотипическому проявлению. У диплоидных организмов ген может быть представлен лишь двумя аллелями, локализованными на гомологичных участках гомологичных хромосом. Различают также множественные аллели.

**Аллельные гены** – разные формы данного гена, располагающиеся в одинаковых участках (локусах) гомологичных хромосом.

**Аллополиплоид** - растение с двумя или более гаплоидными наборами хромосом, происходящее от двух или большего числа неродственных видов. Хромосомы разных гаплоидных наборов не являются гомологами, обычно при амфидиплоидии наблюдается гомеология разных хромосом.

**Амитоз** – прямое деление ядра на две части без участия митотического аппарата (веретена деления).

**Амплификация** - увеличение числа копий определенного фрагмента ДНК.

**Анализирующее скрещивание** – скрещивание, при котором в качестве анализатора используется особь с рецессивными признаками с целью выявления генотипа анализируемой особи.

**Анеуплоидия** – изменение числа хромосом, не кратное гаплоидному набору, вследствие утраты или добавления одной или нескольких хромосом.

**Антикодон** – триплет тРНК, комплементарный кодону иРНК; их взаимодействие определяет место аминокислоты в полипептидной цепи.



**Аутосомы** – неполовые хромосомы, т. е. не участвующие в определении пола.

**Аутосомное наследование** – независимое от пола (не сцепленное с полом) наследование признака.

**Вид биологический** – совокупность особей, занимающих определенный ареал, имеющих генетическое, морфологическое, физиологическое и поведенческое сходство, скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство.

**Вторичные половые признаки** – признаки, которые характеризуют изменения в строении и функции различных органов, определяющих половую принадлежность и зрелость (особенности телосложения, тембр голоса, степень развития волосяного покрова и т.д.).

**Гамета** - зрелая женская или мужская половая клетка (яйцеклетка или сперматозоид) с гаплоидным набором хромосом.

**Гаметогенез** – процесс образования и созревания половых клеток.

**Гаплоидия** – геномная мутация, при которой соматические клетки содержат одинарный набор ( $n$ ) хромосом.

**Гемизиготность** - состояние организма, при котором какой-либо ген представлен только в одной хромосоме.

**Ген** – участок молекулы ДНК, кодирующий синтез определенного полипептида или нуклеиновой кислоты или обеспечивает транскрипцию другого гена.

**Ген доминантный** – ген, преобладающий в паре аллелей; фенотипически проявляется в гомо- и гетерозиготном состоянии.

**Ген рецессивный** – ген, подавляемый другим аллелем; фенотипически проявляется только в гомозиготном состоянии.

**Ген мобильный** – участок ДНК, способный перемещаться по геному клетки.

**Ген-модификатор** – ген, который не проявляет собственного действия, но усиливает или ослабляет эффект действия других генов.

**Генетика** – наука о наследственности и изменчивости живых организмов.

**Генетическая карта хромосомы** – диаграмма, показывающая порядок расположения генов на хромосоме и расстояние между ними. Строится на основе результатов генетического анализа по частоте рекомбинации между генными локусами.

**Генная инженерия** – совокупность приемов, методов и технологий получения рекомбинантных РНК и ДНК, выделения генов из организмов (клеток), осуществления манипуляций с генами и введение их в другие организмы.

**Генная мутация** (gene mutation). Мутация, характеризующаяся изменением последовательности нуклеотидов участка ДНК.

**Генокопии** – сходные изменения фенотипа, обусловленные мутациями разных неаллельных генов.

**Геном** – совокупность генов гаплоидного набора хромосом данного вида организмов.

**Генотип** – совокупность генов данного организма.

**Генофонд** – совокупность аллелей популяции (вида).

**Гермафродитизм** – наличие у одного индивидуума признаков разных полов.

**Гетерогаметный пол** - пол, формирующий гаметы с разными половыми хромосомами.

**Гетерозигота** – особь, содержащая в соматических клетках разные аллели данного гена (например, Aa).

**Гетерозис** – явление повышения жизнеспособности, продуктивности у гибридов первого поколения по сравнению с родителями.

**Гетерохроматин** – сложный нуклеопротеиновый комплекс, состоящий из молекулы ДНК и гистонов.

**Гистоны** – хромосомспецифические основные белки.

**Гинандроморфизм** – наличие у одного организма ряда клеток, тканей и органов с набором хромосом, характерным для разных полов.

**Голандрические признаки** – признаки, определяемые генами расположенными в участках Y-хромосомы, не являющихся гомологичными

Х-хромосомы.

**Гомогаметный пол** - пол, формирующий гаметы с одинаковыми половыми хромосомами.

**Гомозигота** – особь, содержащая в соматических клетках одинаковые аллели данного гена (например, АА, аа).

**Гомологичные хромосомы** - пара хромосом, содержащая одинаковую последовательность генов.

**Гonosомы** – половые хромосомы (Х и Y).

**Груз генетический** - накопление в популяциях мутаций, снижающих приспособленность организмов к условиям существования.

**Группа сцепления** – группа генов, расположенных в одной хромосоме.

**Гуанин (2-амино-6-оксипури́н)** - пуриновое основание, входящее в состав нуклеиновых кислот организмов.

**ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота)** – биологическая макромолекула, носитель генетической информации.

**Делеция** – аберрация, связанная с потерей участка хромосомы.

**Диплоид** – организм или клетка с двойным набором ( $2n$ ) хромосом.

**Дискордантность** – степень различия близнецов по изучаемому признаку.

**Доминирование полное** - внутриаллельное взаимодействие, при котором доминантный ген полностью подавляет действие рецессивного гена.

**Доминирование неполное** - внутриаллельное взаимодействие, при котором доминантный ген не полностью подавляет действие рецессивного гена (промежуточное наследование).

**Дрейф генов** – случайные колебания частот генов в малых популяциях (генетико-автоматические процессы).

**Дупликация** – аберрация, при которой удвоен какой-либо участок хромосомы.

**Зигота** - диплоидная клетка, образующаяся в результате слияния сперматозоида и яйцеклетки.

**Изменчивость** – различия между организмами по признакам и свойствам.

**Импринтинг геномный** (генный, хромосомный) – феномен, суть которого заключается в различной активности гомологичных хромосом (или генов) в зависимости от их происхождения (материнское или отцовское).

**Инбридинг** – скрещивание организмов, находящихся между собой в родстве.

**Инверсия** – абберрация, при которой происходит поворот участка хромосомы на  $180^\circ$ , вследствие чего меняется последовательность генов.

**Интерфаза** – период клеточного цикла между двумя митотическими делениями.

**Интроны** – транскрибируемые участки гена, не содержащие кодонов и удаляемые из молекулы иРНК при ее процессинге, в большинстве генов эукариот (а также у археобактерий и некоторых вирусов). Интроны разделяют кодирующие части генов, называемые экзонами.

**Кариотип** – совокупность хромосом соматической клетки ( $2n$ ), характеризующая организм данного вида.

**Код генетический** – система записи генетической информации в молекуле ДНК (РНК) в виде определенной последовательности нуклеотидов.

**Кодоминирование** – аллельное взаимодействие генов, при котором у гетерозиготного организма фенотипически проявляются оба аллеля.

**Кодон (триплет)** – функциональная единица генетического кода, группа из трех смежных нуклеотидов в молекуле информационной РНК (иРНК), либо кодирующая одну аминокислоту, либо обозначающая конец синтеза белка.

**Колинеарность** – соответствие нуклеотидов в молекуле ДНК порядку аминокислот в молекуле полипептида.

**Комплементария** – межаллельное взаимодействие, при котором одновременное присутствие в генотипе двух доминантных генов разных аллельных пар приводит к проявлению признака или формированию новой формы признака.

**Комплементарность** – химическое сродство в структуре ДНК между пуриновым и пиримидиновым азотистыми основаниями (А-Т, G-C) и образование водородных связей между цепями молекулы ДНК.

**Конъюгация хромосом** – сближение и объединение в бивалент (тетраду) двух гомологичных хромосом, каждая из которых состоит из двух хроматид, происходящее в профазу I мейоза.

**Кроссинговер** – перекрест и обмен участками гомологичных хромосом в профазе I мейоза.

**Леталь** – мутация, вызывающая гибель организма до достижения репродуктивного возраста.

**Локус** – место расположения аллеля в хромосоме.

**Маркер** – наследственная единица с видимым фенотипическим эффектом, наследование которого легко прослеживается в скрещиваниях (менделевский тип наследования), и которая косегрегирует с другими единицами (генами), локализованными в той же хромосоме.

**Мейоз** – процесс формирования половых клеток.

**Метафаза** – стадия митоза и мейоза, при которой хромосомы выстраиваются на экваторе клетки, образуя метафазную пластинку.

**Миграция** – один из элементарных эволюционных факторов: включение в популяцию новых генотипов из другой популяции, приводящее к изменению ее генетической структуры.

**Митоз** – способ деления соматических клеток, при котором из одной диплоидной материнской клетки образуются две диплоидные дочерние клетки.

**Множественные аллели** – наличие у особей данного вида более чем двух аллелей для определенного локуса (серия аллелей одного гена).

**Мобильный генетический элемент, МГЭ** – сегмент ДНК, способный изменять свою локализацию в пределах генома. МГЭ фланкируется короткими инвертированными повторами, кодирует ферменты, которые вырезают и вставляют его в новый сайт на хромосоме.

**Модификации** – ненаследственные изменения признаков, наблюдаемые в ходе развития организмов в определенных условиях среды и не связанные с изменением генотипа. Модификации возникают в пределах нормы реакции генотипа.

**Моносомия** – разновидность анеуплоидии: отсутствие в кариотипе одной из пары гомологичных хромосом.

**Моногибридное скрещивание** – скрещивание особей, у которых анализируется наследование одной пары аллельных генов.

**Морганида** – единица генетической рекомбинации (единица картирования), указывающая дистанцию, разделяющую два локуса на хромосоме, между которыми в мейозе происходит в среднем один кроссинговер. Одна морганида равна 100 сантиморганидам (сМ) и отражает долю рекомбинантов в процентах от числа полученных потомков. 1 сМ соответствует расстоянию между генами, рекомбинация между которыми происходит с частотой 1%.

**Мутагенез** – процесс возникновения мутаций.

**Мутагены (мутагенные факторы)** – факторы способные вызывать мутации.

**Мутация** – это стойкое скачкообразное, прерывистое изменение наследственного материала (на уровне структуры ДНК, хромосом или генома).

**Наследование** – процесс передачи генетической информации.

**Наследственность** – свойство живых организмов передавать свои признаки и особенности потомству.

**Наследуемость** – доля генетической изменчивости в общей фенотипической изменчивости признака в конкретной популяции.

**Неаллельные гены** – гены, располагающиеся в различных локусах гомологичных хромосом или в разных хромосомах.

**Норма реакции** – способность генотипа реагировать на изменяющиеся условия развития.

**Онтогенез** – индивидуальное развитие организма.

**Ориджин (ori) репликации** – участок молекулы ДНК, с которого происхо-

дит инициация репликации ДНК.

**Панмиксия** – свободное скрещивание разнополых особей. Панмиксия возможна лишь в очень больших популяциях, не подвергающихся давлению отбора, мутаций и других факторов эволюции.

**Пенетрантность** – вероятность фенотипического проявления гена, которая определяется по доле особей, у которых проявляется ожидаемый фенотип.

**Первичные половые признаки** – признаки, представленные органами, принимающими участие в процессах воспроизводства (гаметогенез и оплодотворение).

**Плейотропия** – влияние одного гена на развитие двух или более признаков (множественное действие гена).

**Пол** – совокупность морфологических и физиологических признаков организма, обуславливающих половое размножение.

**Полигибридное скрещивание** – скрещивание особей, у которых анализируется наследование нескольких пар аллельных генов.

**Полимеризация** – процесс синтеза высокомолекулярного вещества путём последовательного присоединения молекул низкомолекулярного вещества к активному центру, находящемуся на конце растущей цепи.

**Полимерия** – межаллельное взаимодействие, при котором на проявление одного и того же признака влияют несколько разных, но сходно действующих неаллельных генов.

**Полиморфизм** – присутствие в популяции нескольких форм гена или признака.

**Полиплоидия** – изменение числа хромосом, кратное гаплоидному набору хромосом.

**Популяция (генетическая)** – это большая группа животных одного вида, населяющих определенную территорию и свободно размножающихся половым путем при наличии случайных спариваний.

**Праймосома** – комплекс ферментов, в т.ч. праймаза, обеспечивающий синтез

запаздывающей цепи в репликативной вилке посредством образования фрагментов Оказаки.

**Репарация ДНК** – восстановление поврежденной структуры ДНК.

**Репликация ДНК** – процесс, при котором информация, закодированная в последовательности оснований молекул родительской ДНК, передается с максимальной точностью дочерней ДНК.

**Репликон** – это участок ДНК с ориджином репликации.

**РНК (рибонуклеиновая кислота)** – одноцепочные полимерные молекулы нуклеиновых кислот, участвующие в процессах биосинтеза белка и выполняющие разные функции (иРНК, тРНК, рРНК).

**Сайт** – участок молекулы нуклеиновой кислоты.

**Секвенирование биополимеров (белков и нуклеиновых кислот)** – определение их первичной аминокислотной или нуклеотидной последовательности.

**Селекция** – наука о методах создания новых и совершенствования существующих пород животных, сортов растений и штаммов микроорганизмов.

**Синтенность** – принадлежность разных структурных генов к одной группе сцепления.

**Скрининг (просеивание)** – массовое обследование разных популяций для предварительного выявления особей с патологией. Специфический ген можно обнаружить только тогда, когда он встречается в аллельных альтернативных формах, оказывающих различное влияние на один и тот же фенотипический признак.

**Соматические признаки организмов, характеризующие пол:**

**а) сцепленные с полом (X- и Y-сцепленные признаки)** – признаки, контролируемые генами, расположенными только в половых хромосомах;

**б) частично сцепленные с полом** – признаки, детерминируемые аллелями имеющимися как в X-, так и в Y- хромосомах, на гомологичных участках которых идет кроссинговер. Наследование таких признаков не отличается от



признаков, гены которых локализованы в аутосомах.

в) **ограниченные полом** – признаки, которые обусловлены генами, расположенными в аутосомах, но проявляются только у одного из полов.

г) **зависимые от пола** – признаки, контролируемые генами, расположенными в аутосомах, но степень их проявления различна у разных полов.

**Трансдукция** – перенос вирусом (бактериофаг) наследственной информации в виде фрагмента ДНК от одного штамма бактерий (донор) к другому (реципиент), в результате чего происходит изменение признаков бактериальной клетки.

**Транскрипция («переписывание»)** – считывание наследственной информации при экспрессии гена; перенос генетической информации от ДНК к РНК.

**Трансляция («передача»)** – это синтез белковой молекулы или переводов последовательности оснований иРНК в последовательность аминокислот в полипептидной цепи.

**Транспозон** – сегмент ДНК, способный изменить локализацию в пределах генома, несущий один или несколько генов, ограниченный с обеих сторон идентичными инсерционными последовательностями, которые обеспечивают транспозону способность перемещаться из одного локуса в другой.

**Трансформация** – изменение наследственного признака у бактерий путем проникновения в нее ДНК от другой бактериальной клетки.

**Трисомия** – наличие добавочной хромосомы в кариотипе диплоидного организма; вид полисомии, при которой имеются три гомологичные хромосомы (индивид с трисомией называется трисомиком).

**Фенокопия** – ненаследуемая фенотипическая модификация, возникающая под влиянием внешних факторов и копирующая некоторые мутации.

**Физическое картирование** – определение расстояния между маркерами в каждой хромосоме, которое выражается в нуклеотидах.

**Хиазма** – наблюдаемое под микроскопом проявление кроссинговера, хиазмы становятся отчетливо видимыми на стадии диплотены, когда расходящиеся гомологи остаются соединенными только хиазмами.

**Химера** – особь, состоящая из идиотипически различных клеток или клеточных систем. Химеры могут возникать путем прививки, после тканевой трансплантации, при нарушении процесса митоза, при мутировании генов, случайной сортировке внутриклеточных органелл: пластидные химеры, митохондриальные химеры.

**Хроматиды** – субъединицы редуцированной хромосомы.

**Хроматин** – сложный нуклеопротеиновый комплекс ДНК с белками гистонами.

**Хромосомный набор** – совокупность хромосом в ядре нормальной гаметы или зиготы.

**Хромосомы** – внутриядерные структуры, содержащие молекулы ДНК, суперскрученные за счет взаимодействия с гистоновыми белками.

**Х-сцепленные признаки** – признаки, детерминированные генами, расположенными в участках Х-хромосомы, не являющихся гомологичными Y-хромосомы.

**Центромера** – первичная перетяжка хромосомы. Область хромосомы, которая вместе с кинетохором (структурой, состоящей в основном из белков) ответственна за правильное расхождение хромосом в дочерние клетки в ходе клеточного деления. Локализация центромеры определяет форму хромосом.

**Экзон** – фрагмент прерывистого гена, несущий информацию о последовательности аминокислот в полипептиде, прерывающийся интронами и сохраняющийся в зрелой иРНК.

**Экспрессивность** – степень выраженности генетически детерминированного признака.

**Экспрессия гена** – активизация транскрипции гена.

**Эпистаз** – межallelное взаимодействие, при котором один доминантный

ген подавляет действие другого неаллельного доминантного гена.

**Этапы трансляции:**

**инициация** – первая фаза трансляции, в процессе которой с информационной РНК связываются рибосома и особая иницирующая транспортная РНК

**элонгация** – этап, на котором происходит синтез полипептидной цепи. очередность присоединяемых аминокислот определяется очередностью кодонов.

**терминация** – остановка процесса трансляции по достижении рибосомой стоп-кодона.

**Эухроматин** – участки хромосом, подвергающиеся деконденсации в интерфазных ядрах, состоят из функционально активного генетического материала.

**Ядрышковый организатор** – область хромосомы, содержащая гены, кодирующие рРНК.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### *Образец оформления титульного листа контрольной работы*

**ФГБОУ ВО НОВОСИБИРСКИЙ ГАУ  
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПИЩЕВОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ  
КАФЕДРА ВЕТЕРИНАРНОЙ ГЕНЕТИКИ И БИОТЕХНОЛОГИИ**

Контрольная работа

Тема: .....  
.....  
по дисциплине Генетика и селекция

Выполнил: студент 2204 группы...

Хлопотов И.В.. ..

Руководитель: .....

д-р биол. наук, проф. Бортнев И.Т.

**Новосибирск 20\_\_**

## Оглавление

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>3</b>
<b>ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ .....</b>	<b>5</b>
<b>ТЕМА 1. ПРЕДМЕТ, МЕТОДЫ И ЗНАЧЕНИЕ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ..</b>	<b>7</b>
<b>ТЕМА 2. ПОНЯТИЕ О НАСЛЕДСТВЕННОСТИ И ИЗМЕНЧИВОСТИ.</b>	
<b>ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ .....</b>	<b>11</b>
<b>ТЕМА 3. ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ПРИ</b>	
<b>ПОЛОВОМ РАЗМНОЖЕНИИ .....</b>	<b>20</b>
3.1. Моно- и полигибридные скрещивания .....	20
3.2. Взаимодействие неаллельных генов .....	26
3.3. Тестовые задания для текущего контроля.....	29
<b>ТЕМА 4. ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ.....</b>	<b>32</b>
4.1. Аутосомно-сцепленное наследование признаков.....	32
4.2. Хромосомное определение пола и наследование признаков, сцепленных с полом	
.....	35
<b>ТЕМА 5. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ .....</b>	<b>41</b>
5.1. Биологическая роль и структура нуклеиновых кислот .....	41
5.2. Генетический код. Синтез белка в клетке. ....	46
5.3. Тестовые задания для текущего контроля.....	50
<b>ТЕМА 6. МУТАЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ .....</b>	<b>52</b>
6.1. Мутагенез и мутагены .....	52
6.2. Классификации мутаций и их значение .....	53
6.3. Тестовые задания для текущего контроля.....	55
<b>ТЕМА 7. ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦИЙ.....</b>	<b>58</b>
7.1. Популяция и факторы динамики её генетической структуры .....	58
7.2. Тестовые задания для текущего контроля.....	61
<b>8. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕЛЕКЦИИ.....</b>	<b>64</b>
8.1. Основы селекции .....	64
8.2. Методы селекции .....	65
<b>ТРЕБОВАНИЯ К НАПИСАНИЮ И ЗАЩИТЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....</b>	<b>67</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>78</b>
<b>СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ.....</b>	<b>80</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>92</b>

Составитель:  
Кочнева Марина Львовна

## **ГЕНЕТИКА И СЕЛЕКЦИЯ**

Практикум

Объем 5,9 усл.п. л.

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ  
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160.