Министерство сельского хозяйства и продовольствия
Республики Беларусь

Витебская ордена «Знак Почета» государственная
академия ветеринарной медицины

**Кафедра генетики и разведения сельскохозяйственных
животных им. О.А. Ивановой**

ГЕНЕТИКА

Учебно-методическое пособие к лабораторно-практическим занятиям
для студентов по специальности 1–74 03 02 «Ветеринарная медицина»

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Витебск
ВГАВМ
2019

УДК 636.082(07)
ББК 28.04
Г34

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета ветеринарной медицины УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины» от 31 мая 2019 г. (протокол № 12)

Авторы:
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *С. Л. Карпеня*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *О. А. Яцына;*
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Т. Н. Данильчук;*
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *А. В. Коробко;*
ассистент *Е. Е. Соглаева*

Рецензенты:
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Л. М. Линник*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *М. А. Гласкович*

Г34 **Генетика :** учеб. – метод. пособие к лабораторно-практическим занятиям для студентов по специальности 1–74 03 02 «Ветеринарная медицина» / С. Л. Карпеня [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2019. – 68 с.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с учебной программой по дисциплине «Генетика» для высших сельскохозяйственных учебных заведений по специальности 1–74 03 02 «Ветеринарная медицина», содержит методические указания для выполнения практических занятий по данной дисциплине.

УДК 636.082(07)
ББК 28.04

© УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», 2019

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Введение ……	4
Тема 1.	Цитологические основы наследственности ……..	6
Тема 2.	Закономерности наследования признаков при половом размножении ……..	11
Тема 3.	Взаимодействие неаллельных генов ……..	16
Тема 4.	Хромосомная теория наследственности ……	21
Тема 5.	Генетика пола ……	26
Тема 6.	Молекулярные основы наследственности ……..	30
Тема 7.	Мутационная изменчивость ……	34
Тема 8.	Генетические основы онтогенеза ……	37
Тема 9.	Группы крови и наследственный полиморфизм белков ……..	40
Тема 10.	Генетика популяций ……	43
Тема 11.	Основы биометрии ……	46
Тема 12.	Генетика микроорганизмов ……..	51
Тема 13.	Генетические аномалии сельскохозяйственных животных ….	53
Тема 14.	Болезни с наследственной предрасположенностью ……..	57
Тема 15.	Методы профилактики распространения генетических аномалий и повышения наследственной устойчивости животных к болезням ……..	59
	Список рекомендуемой литературы ……..	61
	Тематика рефератов по генетике……..	62
	Приложение 1 ……	63
	Приложение 2 ……	64

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие по проведению практических и семинарских занятий разработано в соответствии с учебной программой для высших учебных заведений по дисциплине «Генетика». Оно должно помочь будущим специалистам получить всесторонние знания о закономерностях наследования качественных и количественных признаков сельскохозяйственных животных, о генетических процессах в популяциях, о современных направлениях развития генетики и биотехнологии. Данное пособие предусматривает выполнение заданий, позволяющих студентам овладеть методом гибридологического анализа, проводить генетическую экспертизу происхождения сельскохозяйственных животных.

Курс генетики опирается на знания, полученные при изучении неорганической и аналитической химии, физики с основами биофизики, математики, органической и биологической химии, анатомии, цитологии, гистологии и эмбриологии, физиологии и этологии, зоологии и экологии животных.

Цель дисциплины: ознакомить студентов с современным состоянием общей и ветеринарной генетики, дать теоретические и практические знания в области генетической диагностики и профилактики наследственных аномалий и болезней с наследственной предрасположенностью у животных. Научить студентов применять полученные фундаментальные знания в области генетики в дальнейшей практической деятельности.

В задачи дисциплины входит:

- сформировать у студентов теоретические знания по предмету;
- уметь работать с литературой, определять достоверность происхождения животных с использованием групп крови и биохимических полиморфных систем, проводить ветеринарно-генетическое консультирование;
- научить решать генетические задачи разных уровней сложности по изучаемым разделам;
- изучить материальные основы и основные закономерности изменчивости и наследственности, методы диагностики, профилактики распространения генетических аномалий и повышения наследственной устойчивости животных к заболеваниям;
- овладеть методами биометрической обработки и анализа данных экспериментальных исследований, зоотехнического и ветеринарного учета, гибридологического, цитогенетического, биохимического и генеалогического анализов.

Студент должен знать:

- строение и функцию наследственного материала и причины его изменчивости у животных;
- проявления фундаментальных свойств организма – наследственности и изменчивости на всех уровнях организации живого материала (молекулярном, клеточном, организменном и популяционном);

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

- основы популяционной генетики;
- роль генотипа и факторов среды в формировании качества продукции животноводства;
- генетические основы профилактики и лечения заболеваний у сельскохозяйственных животных;
- понимать причины появления аномалий развития;
- принципы организации лабораторных работ, требования техники безопасности и приемы оказания первой помощи при несчастных случаях.

Студент должен уметь:
- использовать разнообразные методы и приемы для изучения наследственности и изменчивости;
- определить типы наследования признаков у животных;
- устанавливать тип взаимодействия генов, определяющих проявление признака;
- определить частоту гена в популяции;
- прогнозировать вероятность проявления наследственных аномалий и болезней;
- использовать методы биометрии для обработки экспериментальных и статистических данных;
- использовать полученные теоретические знания на практике и в экспериментальных исследованиях;
- пользоваться микроскопической техникой, приборами, использовать макро- и микропрепараты;
- использовать новые технологии обучения.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

На изучение предмета «Генетика» отведено 176 часов, из них 68 часов аудиторных, в том числе 36 часов лекционных, 4 часа лабораторных и 28 часов практических. Форма аттестации – экзамен (4 зачетные единицы).

Основные пути усвоения материала:
- изучение учебных пособий и дополнительной литературы;
- выполнение контрольной работы;
- прослушивание лекционного курса по дисциплине;
- выполнение лабораторно-практических заданий.

Для изучения дисциплины «Генетика» рекомендуется использовать источники литературы, указанные на странице 61.

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

ТЕМА 1. ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Цель занятия: изучить особенности при делении соматических и половых клеток. Научиться анализировать кариограммы у основных видов сельскохозяйственных животных, изучить основные виды кариотипов.

Содержание и методика проведения занятия

Контрольные вопросы:

1. Строение клетки. Понятие об органоидах и включениях.
2. Химический состав, строение и биологическая роль ядра.
3. Химический состав и морфология хромосом. Гетерохроматин и эухроматин.
4. Понятие о гаплоидном и диплоидном наборах хромосом, кариотипе.
5. Примеры кариотипов основных видов сельскохозяйственных животных.
6. Митотический цикл. Биологическая сущность процессов, происходящих в клетке при митозе.
7. Мейоз. Особенности профазы и метафазы редукционного деления.
8. Отличие мейоза от митоза.
9. Гаметогенез. Стадии гаметогенеза. Отличия овогенеза от сперматогенеза.

Теоретическая часть

Клетка – элементарная биологическая система, способная к самообновлению, самовоспроизведению и развитию.

Клетки подразделяются на растительные и животные, половые и соматические, прокариотические и эукариотические.

Клетка эукариот состоит из ядра, цитоплазмы и оболочки. В цитоплазме находятся органоиды (эндоплазматическая сеть, рибосомы, митохондрии, лизосомы, комплекс Гольджи, центросома) и включения.

Органоиды цитоплазмы являются постоянными компонентами клетки и выполняют специфические функции. Включения не являются постоянной частью цитоплазмы.

Основные функции ядра

1. Хранение и передача генетической информации.
2. Регуляция всех процессов жизнедеятельности клетки.

Материальными носителями наследственной информации являются хромосомы ядра клетки.

Химический состав хромосом: ДНК – 40%, РНК – 1%, белки типа гистонов или протаминов (в половых клетках) – 60-85%.

Правила хромосом

1. Правило постоянства – соматические клетки организма каждого вида имеют строго определенное количество хромосом (человек – 46).

2. Правило парности – каждая хромосома в диплоидном наборе имеет гомологичную схожую по размерам, расположению центромеры и содержанию генов.

3. Правило индивидуальности – каждая пара хромосом отличается от

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

другой пары размерами, расположением центромеры и содержанием генов.

4. Правило непрерывности – в процессе удвоения генетического материала новая молекула ДНК синтезируется на основе информации старой молекулы ДНК.

Совокупность хромосом соматической клетки, характеризующая организм данного вида, называется **кариотипом.** Хромосомы подразделяются на **аутосомы** (одинаковые у обоих полов) и **гетерохромосомы, или половые хромосомы** (разные у мужских и женских особей). Например, кариотип человека содержит 22 пары аутосом и 2 половые хромосомы (**XX –** у женщин и **XY** – у мужчин).

Число хромосом у сельскохозяйственных животных: корова – 60, лошадь – 64, свинья – 38, овца – 54, собака – 78, кролик – 44.

Клеточный цикл – это период жизнедеятельности клетки с момента ее появления до гибели или образования дочерних клеток.

Митотический цикл включает интерфазу и собственно митоз. Интерфаза подразделяется на три периода: пресинтетический (постмитотический) – $\mathbf{G_1}$, синтетический – **S**, постсинтетический (премитотический) – $\mathbf{G_2}$.

Митоз – это сложное упорядоченное деление соматических клеток, в результате которого из одной материнской образуются две дочерние клетки с диплоидным набором хромосом. Главная причина начала митоза – изменение ядерно-плазменного соотношения с 1/69 до 1/89.

Непрерывный процесс митоза подразделяется на 4 стадии: **профазу, метафазу, анафазу и телофазу.**

Мейоз – это деление соматических клеток половых желез, в результате которого образуются половые клетки (гаметы).

Мейоз протекает в два этапа: редукционное деление и эквационное. Каждое деление подразделяется на 4 фазы: профаза, метафаза, анафаза, телофаза.

Значение мейоза:

1. Поддержание постоянства числа хромосом.

2. Рекомбинация генетического материала, обусловленная кроссинговером и случайным расхождением гомологичных хромосом и хроматид к полюсам деления.

Патология мейоза: две стадии деления и поведение хромосом находятся под генетическим контролем. Известны мутации, нарушающие нерасхождение хромосом, которые приводят к потере хромосом.

Гаметогенез – процесс образования гамет мужских и женских половых клеток. Яйцеклетки образуются в женских гонадах – **яичниках**. Сперматозоиды образуются в мужских гонадах – **семенниках**. Из одной зародышевой половой клетки в сперматогенезе образуется четыре сперматозоида, тогда как в оогенезе – только одна яйцеклетка и три бластомера.

Оплодотворение – это процесс слияния мужской и женской половых клеток.

Вопросы для самоподготовки:

1. Различия между органоидами и включениями. Примеры включений.
2. Какие органоиды содержат ДНК?

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

3. Какие органоиды клетки играют решающую роль в осуществлении наследственности?
4. В каких органоидах происходит синтез белка и синтез АТФ?
5. Перечислите формы хромосом.
6. Что такое теломера, центромера, плечо хромосомы?
7. Какой набор хромосом в соматических и половых клетках?
8. Назовите диплоидные наборы хромосом у основных видов сельскохозяйственных животных.
9. Чем различаются профаза митоза и профаза редукционного деления?
10. В чем заключаются различия между оогенезом и сперматогенезом?
11. Каково генетическое значение оплодотворения?

Задание 1. Составить таблицу 1 по характеристике фаз митоза (рисунок 1).

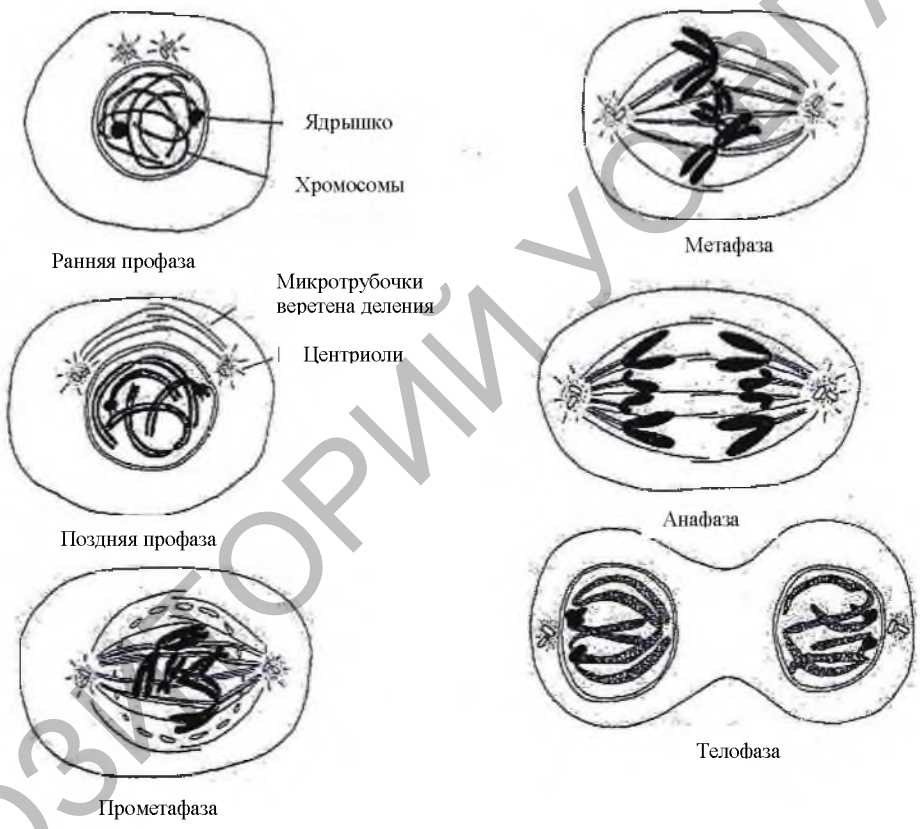


Рисунок 1 – Фазы митоза (по В.Л. Петухову и др.)

Таблица 1 – Характеристика фаз митоза живой клетки

Название фазы	Изменения в ядре	Поведение хромосом	Митотический аппарат	Цитогенетическая характеристика ядра
профаза				
метафаза				
анафаза				
телофаза				

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Задание 2. Зарисовать схему мейоза (рисунок 2).

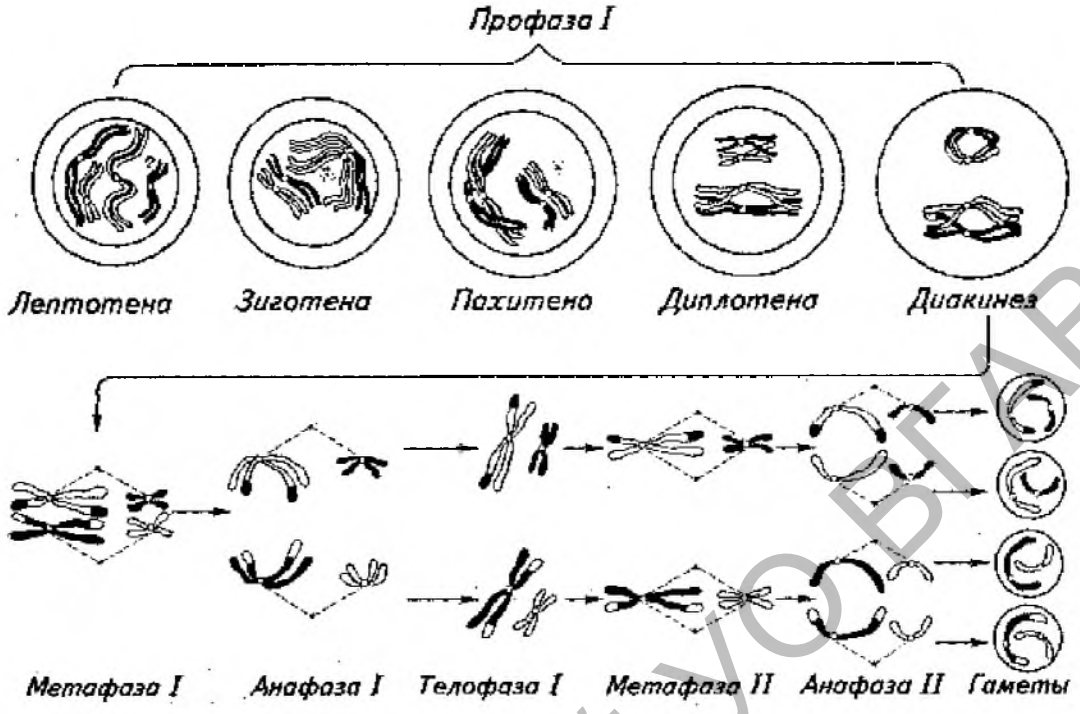


Рисунок 2 – Фазы мейоза (по А.В. Бакаю и др.)

Задание 3. Зарисовать основные типы хромосом, обозначить центромеру, теломеру, плечо хромосомы (рисунки 3, 4).

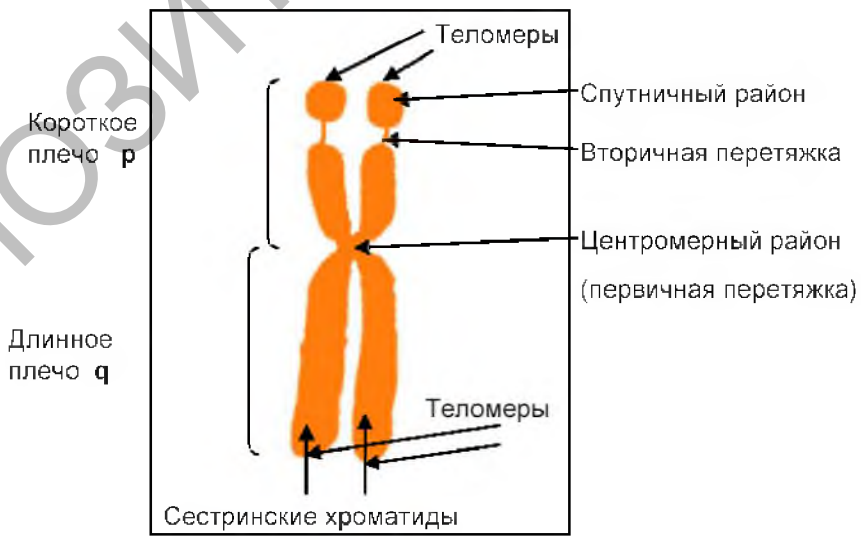


Рисунок 3 – Морфологическое строение хромосомы (по В.Л. Петухову и др.)

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Рисунок 4 – Разные типы метафазных хромосом (по А.В. Бакаю и др.)

Задание 4. Составить характеристику кариотипов отдельных видов сельскохозяйственных животных по предложенным фотографиям кариограмм и заполнить таблицу 3.

Таблица 2 - Характеристика кариотипов отдельных видов сельскохозяйственных животных

Вид животных	2n	n	Число хромосом					
			метацентрические		субметацентрические		акроцентрические	
			количество	%	количество	%	количество	%
Лошади								
Крупный рогатый скот								
Свиньи								
Овцы								

На основании анализа таблицы сделать выводы:
1. У какого вида животных хромосом больше?
2. У какого вида хромосомы крупнее?
3. У какого вида больше метацентрических хромосом?

Задание 5. Изучить патологию кариотипа крупного рогатого скота на примере транслокации 1/29. Сделать зарисовку нарушенных пар хромосом.

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

ТЕМА 2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ПРИ ПОЛОВОМ РАЗМНОЖЕНИИ

Цель занятия: научиться решать задачи по наследованию качественных признаков у сельскохозяйственных животных, основываясь на закономерностях единообразия и расщепления гибридов I и II поколений.

Содержание и методика проведения занятия

Контрольные вопросы:

1. Основные положения гибридологического метода Г. Менделя.
2. Основные термины генетики (генотип, фенотип, аллель, гетерозиготные и гомозиготные организмы, моногибридное, дигибридное и полигибридное скрещивание).
3. Закон единообразия гибридов I поколения.
4. Закон расщепления гибридов II поколения.
5. Типы доминирования.
6. Летальные гены и их наследование.
7. Анализирующее скрещивание и его практическое значение.
8. Гипотеза «чистоты гамет» и ее цитологическое обоснование.

Теоретическая часть

Альтернативными в генетике называют признаки, которые имеют несколько качественных состояний. *Например*: цвет семян гороха (желтый и зеленый).

При изучении наследования признаков составляются схемы скрещивания, скрещивание обозначают знаком умножения (×), который ставится между родителями, родительские формы обозначают буквой **P** (от слова *parentes* – родители), женский пол обозначают знаком ♀ (символ планеты Венера), мужской – ♂ (символ планеты Марс). Потомство называют гибридами и обозначают буквой **F** (от слова *filii* – дети), $\mathbf{F_1}$ – гибрид первого поколения, $\mathbf{F_2}$ – гибрид второго поколения, $\mathbf{F_3}$ – гибрид третьего поколения и т. д.

Ген – наследственный задаток.

Гены, определяющие развитие альтернативных признаков, называются **аллельными**. Они располагаются в одинаковых локусах гомологичных (парных) хромосом. Гены, располагающиеся в разных локусах гомологичных хромосом или в разных хромосомах и определяющие развитие разных признаков, называются **неаллельными**. Аллельные гены принято обозначать одинаковыми буквами латинского алфавита: доминантный – заглавной буквой (**A**), а рецессивный – прописной (**a**).

Альтернативный признак и соответствующий ему ген, проявляющийся и в гомозиготном, и в гетерозиготном состоянии, называют **доминантным**, а проявляющийся только в гомозиготном состоянии и «подавленный» в гетерозиготном называют **рецессивным**.

Генотип – это совокупность генов, полученных организмом от родителей.

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Гомозиготным по данному признаку называется организм, у которого в обеих гомологичных хромосомах находятся одинаковые аллельные гены (два доминантных – **АА** или два рецессивных – **аа**). Он образует один тип гамет и не дает расщепления при скрещивании с таким же по генотипу организмом. **Гетерозиготным** по данному признаку называется организм, у которого в обеих гомологичных хромосомах находятся разные гены одной аллельной пары (**Аа**). Он образует два типа гамет и дает расщепление при скрещивании с таким же по генотипу организмом.

Фенотип – это совокупность всех свойств и признаков организма, которые развиваются на основе генотипа в определенных условиях среды. Отдельный признак называется **феном** (цвет глаз, форма носа, объем желудка, количество эритроцитов и др.).

Основные закономерности наследования были изучены **Г. Менделем**. Они присущи всем живым организмам.

Гаметы (половые клетки) содержат гаплоидный набор хромосом и образуются в половых железах (яйцеклетки – в яичниках, сперматозоиды – в семенниках) в процессе мейоза.

При выписывании гамет необходимо знать:

1) при мейозе из каждой пары гомологичных хромосом в гамету попадает только одна, следовательно, из каждой пары аллельных генов – один ген;

2) если организм гомозиготен (*например*, **АА**), то все гаметы, сколько бы их ни образовалось, будут содержать только один ген (**А**), т. е. все они будут однотипны и, следовательно, гомозиготный организм образует один тип гамет;

3) если организм гетерозиготен (**Аа**), то в процессе мейоза одна хромосома с геном **А** попадет в одну гамету, а вторая гомологичная хромосома с геном **а** попадет в другую гамету, следовательно, гетерозиготный организм по одной паре генов будет образовывать два типа гамет;

4) формула для выписывания гамет $\mathbf{N=2^n}$, где **N** – это число типов гамет, а **n** – это количество признаков, по которым данный организм гетерозиготен.

Скрещивание, при котором организмы анализируются по одному альтернативному (качественному) признаку, называется **моногибридным**.

Первый закон Менделя (закон единообразия гибридов первого поколения): при скрещивании гомозиготных особей, анализируемых по одному альтернативному (качественному) признаку, наблюдается единообразие гибридов первого поколения по фенотипу и генотипу.

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Схема скрещивания:

Ген	Признак	Генотип
A	желтые семена	AA или Aa
a	зеленые семена	aa

желтые *зеленые*

P: ♀ AA × ♂ aa

G: (A) (a)

F_1: Aa – 100% *желтые семена*

Для этого закона нет условий, ограничивающих его действие (всегда при скрещивании гомозигот потомство единообразно).

Второй закон Менделя (закон расщепления): при скрещивании гетерозиготных организмов, анализируемых по одному альтернативному (качественному) признаку, во втором поколении наблюдается расщепление в соотношении 3 : 1 по фенотипу и 1 : 2 : 1 по генотипу.

Для этого закона есть условия, ограничивающие его действие:

1) все разновидности внутриаллельного взаимодействия генов, кроме полного доминирования;

2) летальные и полулетальные гены;

3) неравная вероятность образования гамет и зигот разных типов.

Схема скрещивания:

желтые *желтые*

P: ♀ Aa × ♂ Aa

G: (A) (a) (A) (a)

F_2: $\underbrace{\text{AA; Aa; Aa;}}_{\textit{3 желтые}}$ $\underbrace{\text{aa}}_{\textit{1 зеленые}}$

Внутриаллельное взаимодействие.

Полное доминирование – доминантный ген полностью подавляет действие рецессивного гена, поэтому гетерозиготы и гомозиготы идентичны по фенотипу: **AA = Aa** (цвет семян гороха).

Неполное доминирование – доминантный ген не полностью подавляет действие рецессивного гена, поэтому гетерозиготы и гомозиготы отличаются по фенотипу: **AA > Aa** (цветки ночной красавицы).

Сверхдоминирование – в гетерозиготном состоянии доминантный ген проявляет себя сильнее, чем в гомозиготном: **AA < Aa** (жизнеспособность мух дрозофил).

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Аллельное исключение – у гетерозиготного организма в одних клетках активна одна аллель, а в других – другая; плазматические клетки синтезируют две разные цепи иммуноглобулинов, детерминируемые одной парой аллельных генов (каждая клетка синтезирует «свою» цепь).

Кодоминирование – аллели равнозначны друг относительно друга (наследование групп крови по системе антигенов **MN**). Ген **LM** обусловливает наличие в эритроцитах антигена **M** (группа **M**), а ген **LN** – антигена **N** (группа **N**). Одновременное их присутствие обусловливает наличие в эритроцитах антигенов **M** и **N** (группа **MN**).

Для выяснения генотипа особи с доминантным признаком (при полном доминировании гомозиготы (**AA**) и гетерозиготы (**Aa**) фенотипически неотличимы) **применяют анализирующее скрещивание**, при котором организм с доминантным признаком скрещивают с организмом, имеющим рецессивный признак.

Возможны два варианта результатов скрещивания: если в результате скрещивания получено единообразие гибридов первого поколения, то анализируемый организм является гомозиготным, а если в F_1 произойдет расщепление 1 : 1, то особь – гетерозиготна.

Летальные гены – гены, вызывающие гибель организма в эмбриогенезе или после рождения. У человека так наследуется доминантный ген брахидактилии (короткопалость), у гетерозигот наблюдается брахидактилия, а гомозиготы погибают в эмбриогенезе.

Полулетальные гены – гены, сокращающие жизнеспособность особи.

Вопросы для самоподготовки:

1. Каковы основные принципы гибридологического анализа?
2. Что является причиной единообразия гибридов первого поколения?
3. Какое наблюдается расщепление по фенотипу при скрещивании двух гетерозигот (Аа)?
4. Где расположены аллельные гены?
5. Для чего применяется анализирующее скрещивание?
6. Как называются признаки, имеющие разные качественные состояния?
7. Какие имеются типы доминирования?
8. Что такое летальные гены и каково их действие?
9. Примером взаимодействия каких генов является четвертая группа крови по системе АВ0?
10. Перечислите типы взаимодействия аллельных генов.
11. Какие условия ограничивают проявление законов Менделя?

Примеры решения типовых задач

Задача 1. Выпишите типы гамет, которые образуются у особей с генотипами: а) АА; б) Аа; в) аа.

Решение. По формуле $N=2^n$ определяем число типов гамет у особей следующих генотипов:

а) у особей с генотипом АА образуется один тип гамет ($2^0 = 1$);

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

б) у особей с генотипом Аа – два типа гамет ($2^1 = 2$);

в) у особей с генотипом аа – один тип гамет ($2^0 = 1$).

Задача 2. При скрещивании чистой линии мышей с коричневой шерстью с чистой линией мышей с серой шерстью получаются потомки с коричневой шерстью. В F_2 от скрещивания между этими мышами F_1 получаются коричневые и серые мыши в отношении 3 : 1.

а) дайте полное объяснение этим результатам;

б) каким будет результат скрещивания гетерозиготы с коричневой шерстью из поколения F_2 с серой особью?

Решение.

Ген	Признак	Генотип
А	коричневая шерсть	АА или Аа
а	серая шерсть	аа

а) *коричневая* *серая*

P: ♀АА × ♂ аа

G: (A) (a)

F_1: Аа – *все коричневые*

В случае моногибридного скрещивания гомозиготной особи по доминантному аллелю с особью, гомозиготной по рецессивному аллелю, все потомство будет иметь доминантный фенотип.

коричневая *коричневая*

P: ♀ Аа × ♂ Аа

G: (A) (a) (A) (a)

F_2: $\underbrace{\text{АА, Аа, Аа}}_{\textit{3 коричневых}}$, аа

1 серая

При скрещивании гетерозиготных особей в потомстве наблюдается расщепление: три части особей с доминантным признаком и одна часть с рецессивным признаком.

б) *коричневая* *серая*

P: ♀ Аа × ♂ аа

G: (A) (a) (a)

F_1: Аа аа

1 коричневая *1 серая*

В случае моногибридного скрещивания гетерозиготной особи с особью,

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

гомозиготной по рецессивному аллелю, среди потомков будет равное число особей того и другого фенотипа, в данном случае 50% с коричневой и 50% с серой шерстью.

Самостоятельное решение задач из сборника.

ТЕМА 3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕАЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ

Цель занятия: выяснить характер расщепления по фенотипу среди гибридов II поколения в зависимости от типа взаимодействия неаллельных генов.

Содержание и методика проведения занятия

***Контрольные вопросы*:**

1. Дигибридное скрещивание. Третий закон Г. Менделя.
2. Неаллельные гены. Сущность взаимодействия неаллельных генов при новообразовании.
3. Сущность взаимодействия неаллельных генов при комплементарности.
4. Эпистатичные и гипостатичные гены.
5. Сущность взаимодействия неаллельных генов при эпистазе.
6. Сущность взаимодействия неаллельных генов при полимерии. Аддитивные гены.
7. Гены-модификаторы, плейотропия, пенентрантность, экспрессивность.

Теоретическая часть

Скрещивание, при котором организмы анализируются по двум альтернативным признакам, называется **дигибридным.**

Третий закон Менделя (закон независимого наследования признаков) – во втором поколении дигибридного скрещивания каждая пара аллельных генов и признаков, определяемых ими, ведет себя независимо от других пар аллельных генов и признаков, при этом возникают всевозможные сочетания по генотипу и фенотипу.

Схема скрещивания:

Ген	Признак	Генотип
А	желтые семена	АА или Аа
а	зеленые семена	аа
В	гладкие семена	ВВ или Вв
в	морщинистые семена	вв

желт., глад. *зел., морщ.*

P: ♀ ААВВ × ♂ аавв

G: **АВ** **ав**

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

F_1: AaBa – *желтые, гладкие*

желт., глад. *желт., глад.*

P: ♀ AaBa × ♂ AaBa

G: **AB** **Ав** **aB** **ав** **AB** **Ав** **aB** **ав**

♀ \ ♂	**AB**	**Ab**	**aB**	**ab**
AB	AABB *желтые, гладкие*	AABb *желтые, гладкие*	AaBB *желтые, гладкие*	AaBb *желтые, гладкие*
Ab	AABb *желтые, гладкие*	AAbb *желтые, морщинистые*	AaBb *желтые, гладкие*	Aabb *желтые, морщинистые*
aB	AaBB *желтые, гладкие*	AaBb *желтые, гладкие*	aaBB *зеленые, гладкие*	aaBb *зеленые, гладкие*
ab	AaBb *желтые, гладкие*	Aabb *желтые, морщинистые*	aaBb *зеленые, гладкие*	aabb *зеленые, морщинистые*

Соотношение по фенотипам во втором поколении:

9 (A_B_) – желтые, гладкие семена;

3 (aaB_) – зеленые, гладкие семена;

3 (A_вв) – желтые, морщинистые семена;

1 (аавв) – зеленые, морщинистые семена.

Если при скрещивании двух фенотипически одинаковых особей в потомстве происходит расщепление признаков в отношениях 9:3:4, 9:6:1, 9:7, 12:3:1, 13:3, 15:1, то это свидетельствует о явлении взаимодействия генов; при этом расщепление в отношениях 9:3:4, 9:6:1 и 9:7 свидетельствует о комплементарном взаимодействии генов, расщепление в отношениях 12:3:1 и 13:3 – об эпистатическом взаимодействии, а 15:1 – о полимерном взаимодействии.

Новообразование – это такой тип взаимодействия неаллельных генов, при котором образуется новая форма признака. Обнаружено В. Бэтсоном и Р. Пеннетом при изучении наследования формы гребня у кур.

Комплементарность – это тип взаимодействия неаллельных генов, каждый из которых не имеет самостоятельного фенотипического проявления, когда признак развивается в результате взаимодействия двух доминантных неаллельных.

Эпистаз – это такой тип взаимодействия неаллельных генов, когда аллели одного гена подавляют проявление аллелей других генов. Подавляющий аллель

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

называется эпистатичным, или ингибитором, или супрессором. Подавляемый – гипостатичным.

Полимерия кумулятивная – это такой тип взаимодействия неаллельных генов, когда степень развития признака обусловлена влиянием ряда однозначно схоже действующих генов, действие которых суммируется. Открыта Н. Нильсоном-Эле в 1909 году.

Гены, действие которых суммируется, называются аддитивными, или кумулятивными.

Гены-модификаторы – это гены, которые не определяют развитие признака, но способны усиливать или ослаблять проявления основных генов (олигогенов).

Плейотропия – это влияние гена на развитие двух и более признаков. Плейотропное действие генов может быть как положительным, так и отрицательным.

Пенентрантность – это когда один и тот же признак может проявляться либо не проявляться у особей родственных групп.

Экспрессивность – степень выраженности признака.

Например, рецессивные гены не проявляются в гетерозиготах, но при изменении условий могут проявиться. Экспрессивность и пенентрантность зависят от генов-модификаторов и условий развития особей.

Вопросы для самоподготовки:

1. Сущность закона независимого наследования признаков.
2. В чем заключается сущность взаимодействия неаллельных генов при новообразовании, комплементарности, эпистазе, полимерии, модифицирующем действии?
3. На каких примерах можно показать особенности наследования признаков для вышеперечисленных типов взаимодействия неаллельных генов?
4. Какой тип взаимодействия неаллельных генов составляет основу наследования большинства количественных признаков?
5. Какие гены являются аддитивными?
6. Влияет ли взаимодействие неаллельных генов на характер расщепления по генотипу среди гибридов II поколения?

Задание 1. Составьте и проанализируйте схему скрещивания для признака, наследующегося по типу «новообразование».

1. В чем сущность взаимодействия генов по типу «новообразование»?

2. Выпишите из решетки Пеннета генотипы, в которых имеет место взаимодействие по типу «новообразование».

Задание 2. Составьте и проанализируйте схему скрещивания для признака, наследующегося по типу «комплементарность».

1. В чем сущность взаимодействия генов по типу «комплементарность»?

2. Выпишите из решетки Пеннета генотипы, в которых имеет место взаимодействие по типу «комплементарность».

Задание 3. Составьте и проанализируйте схему скрещивания для признака, наследующегося по типу «эпистаз».

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

1. В чем сущность взаимодействия генов по типу «эпистаз»?

2. Выпишите из решетки Пеннета генотипы, в которых имеет место взаимодействие по типу «эпистаз».

3. Какой признак является эпистатичным, а какой – гипостатичным?

Задание 4. Составьте и проанализируйте схему скрещивания для признака, наследующегося по типу «полимерия».

1. В чем сущность взаимодействия генов по типу «полимерия»?

2. Составьте схему распределения гибридов II поколения по степени развития признака.

Примеры решения типовых задач

Задача 1. Черный комолый бык скрещивается с красными рогатыми коровами. Получено 27 черных комолых телят и 25 красных комолых. Определите генотипы родителей и потомства, если известно, что черная масть и комолость являются доминантными признаками.

Решение. Известно, что расщепление в потомстве наблюдается по признаку, по которому один или оба родителя гетерозиготны. Следовательно, по признаку черной масти бык гетерозиготен, коровы, имеющие рецессивную красную масть, гомозиготны. По второму признаку (комолость-рогатость) расщепления в потомстве нет – следовательно, родители гомозиготны.

Решение. Оформляем условие задачи в виде таблицы:

Ген	Признак	Генотип
А	черная масть	АА или Аа
а	красная масть	аа
В	комолость	ВВ или Вв
в	рогатость	вв

черный комолый *красная рогатая*

P: ♂ AaBB × ♀ aaвв

G: **AB** **aB** **aв**

F_1: AaBв aaBB

черный комолый *красный рогатый*

Задача 2. У морской свинки имеются два аллеля, определяющих черную или белую окраску шерсти, и два аллеля, определяющих короткую или длинную шерсть. При скрещивании между гомозиготами с короткой черной шерстью и гомозиготами с длинной белой шерстью у всех потомков F_1 шерсть была короткая и черная. Определите, какие аллели являются доминантными. Каким будет соотношение различных фенотипов в F_2?

Решение. Если в F_1 у всех морских свинок была короткая черная шерсть, то это означает, что короткая шерсть доминирует над длинной, а черная окраска – над белой.

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Ген	Признак	Генотип
А	черная шерсть	АА или Аа
а	белая шерсть	аа
В	короткая шерсть	ВВ или Вв
в	длинная шерсть	вв

черные, короткош. *белые, длинношер.*

P: ♀ ААВВ × ♂ аавв

G: **АВ** **ав**

F_1: АаВв – *черные, короткошерстные*

P: ♀ АаВв × ♂ АаВв

G: **АВ** **Ав** **Ав** **ав** **АВ** **Ав** **аВ** **ав**

♀ \ ♂	**АВ**	**Ав**	**аВ**	**ав**
АВ	ААВВ *черные, короткош.*	ААВв *черные, короткош.*	АаВВ *черные, короткош.*	АаВв *черные, короткош.*
Ав	ААВв *черные, короткош.*	ААвв *черные, длиннош.*	АаВв *черные, короткош.*	Аавв *черные, длиннош.*
аВ	АаВВ *черные, короткош.*	АаВв *черные, короткош.*	ааВВ *белые, короткош.*	ааВв *белые, короткош.*
ав	АаВв *черные, короткош.*	Аавв *черные, длиннош.*	ааВв *белые, короткош.*	аавв *белые, длиннош.*

Соотношение фенотипов во втором поколении:
9 особей (А_В_) – с короткой черной шерстью;
3 особи (аа В_) – с короткой белой шерстью;
3 особи (А_вв) – с длинной черной шерстью;
1 особь (аавв) – с длинной белой шерстью.

Задача 3. Гетерозиготная женщина, имеющая нормальную кисть и веснушки, вступила в брак с шестипалым гетерозиготным мужчиной, у которого нет веснушек. Какова вероятность рождения у них ребенка с нормальной кистью и без веснушек?

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Решение.

Ген	Признак	Генотип
А	шестипалость (полидактилия)	АА или Аа
а	анормальная кисть	аа
В	наличие веснушек	ВВ или Вв
в	отсутствие веснушек	вв

нормальная кисть, с веснушками — *шестипалая кисть, без веснушек*

P: ♀ ааВв x ♂ Аавв

G: **аВ** **ав** **Ав** **ав**

F_1: АаВв; Аавв; ааВв; аавв

Ответ: вероятность рождения ребенка с генотипом аавв (с нормальной кистью, без веснушек) составляет 25%.

Самостоятельное решение задач из сборника.

ТЕМА 4. ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Цель занятия: изучить влияние полного и неполного сцепления генов на характер расщепления по фенотипу.

Содержание и методика проведения занятия

Контрольные вопросы:

1. История открытия сцепленного наследования генов и признаков.
2. Понятие о группах сцепления генов.
3. Особенности наследования признаков при полном сцеплении генов (схема скрещивания и анализ).
4. Особенности наследования признаков при неполном сцеплении генов (схема скрещивания и анализ).
5. Типы кроссинговера и их характеристика. Биологическое и эволюционное значение кроссинговера.
6. Линейное расположение генов в хромосомах. Карты хромосом и принципы их построения.
7. Основные положения хромосомной теории наследственности.

Теоретическая часть

Сцепленные гены – это гены, располагающиеся в одной хромосоме и наследующиеся вместе. Это значит, что в каждой хромосоме локализован не один, а множество генов, расположенных линейно друг за другом. Эти гены передаются вместе (сцепленно) сначала в гамету, а затем и следующему поколе-

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

нию. Гены одной пары образуют группу сцепления. Число групп сцеплений соответствует гаплоидному набору хромосом.

Сущность сцепленного наследования признаков была обоснована в 1911-1912 гг. Т. Морганом и его сотрудниками. Объектом исследования была муха-дрозофила (рисунок 5). При скрещивании гомозиготных особей с серым телом и короткими крыльями с особями с черным телом и нормальными крыльями получено единообразие гибридов первого поколения, особи которого имели доминантные признаки:

Ген	Признак
B^+	серое тело
b	черное тело
Vg^+	длинные крылья
vg	короткие крылья

Для выяснения генотипа гибридов I поколения проведено анализирующее скрещивание (рецессивная гомозиготная самка и дигетерозиготный самец).

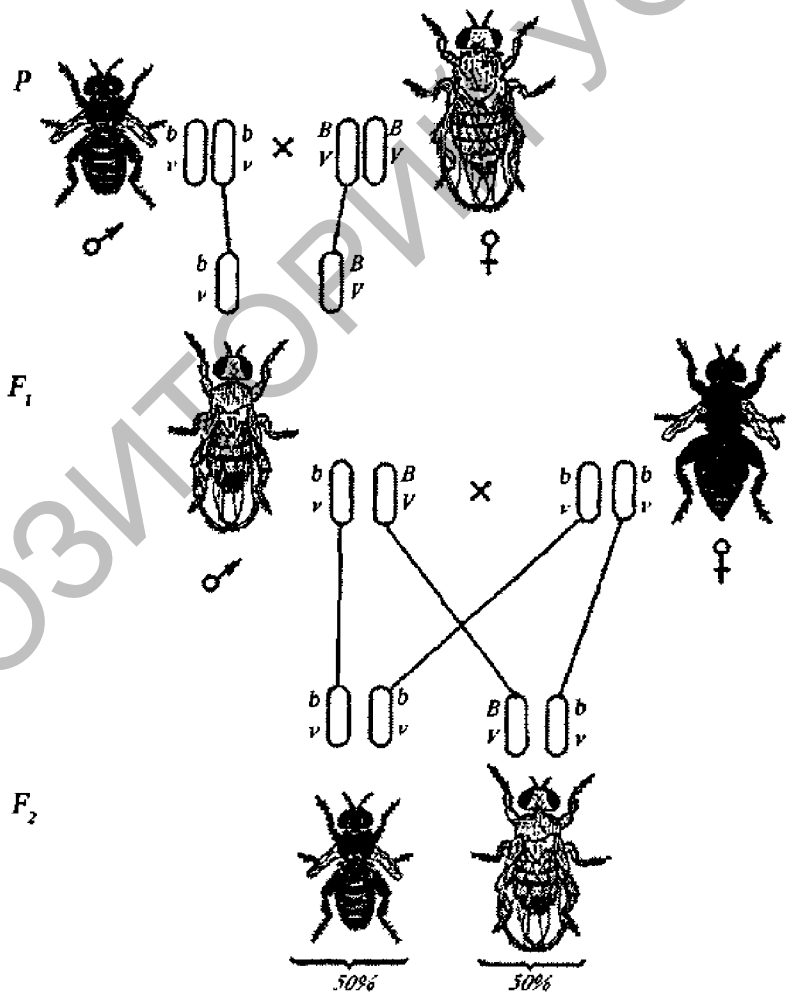


Рисунок 5 – Наследование формы крыльев и окраски крыльев у дрозофилы при полном сцеплении (по В.Л. Петухову и др.)

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

При свободном комбинировании генов, согласно третьему закону Менделя, в поколении должны были появиться мухи четырех разных фенотипов поровну (по 25%), а получены особи двух фенотипов по 50% с признаками родителей. Морган пришел к выводу, что гены, детерминирующие цвет тела и длину крыльев, локализованы в одной хромосоме и передаются вместе, т.е. **сцепленно**. Объяснить это явление можно следующим: одна из пары гомологичных хромосом содержит 2 гена (B^+ vg), а другая – (b Vg^+). В процессе мейоза хромосома с генами B^+ vg попадет в одну гамету, а с генами b Vg^+ – в другую. Таким образом, у дигетерозиготного организма образуется не четыре, а только два типа гамет, и потомки будут иметь такое же сочетание признаков, как и родители. В данном случае сцепление будет полным, так как кроссинговер не происходит. При дальнейшем анализе сцепления генов было обнаружено, что в некоторых случаях оно может нарушаться. При скрещивании дигетерозиготной самки дрозофилы с рецессивным самцом получен следующий результат (рисунок 6): 4 типа потомков – 41,5% с серым телом и короткими крыльями, 41,5% с черным телом и длинными крыльями и по 8,5% мух с серым телом и длинными крыльями и с черным телом и короткими крыльями.

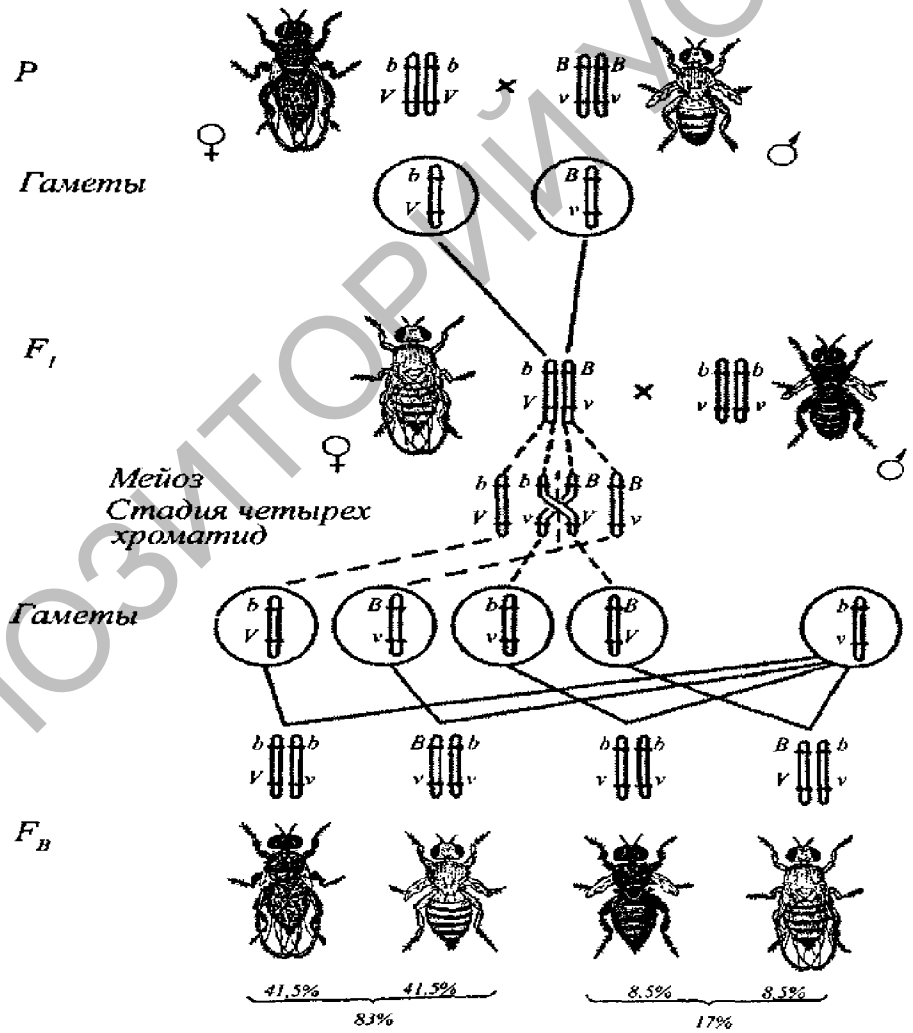


Рисунок 6 – Наследование формы крыльев и окраски тела у дрозофилы при неполном сцеплении (по В.Л. Петухову и др.)

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Появление в потомстве гибридных особей говорит о том, что сцепление генов у самки неполное. Это можно объяснить явлением кроссинговера, который заключается в обмене участками хроматид гомологичных хромосом в профазе мейоза I.

Морган обнаружил полное и неполное сцепление. **Кроссинговер** – это обмен участками гомологичных хромосом в момент перекреста их в мейозе. Кроссинговер сопровождается нарушением групп сцеплений.

Частота кроссинговера выражается отношением числа кроссоверных особей к общему числу особей, характеризует расстояние между генами.

Процент кроссинговера для определенных двух генов, при условии одинаковой постановки опыта, всегда будет постоянным. Процент кроссинговера не превышает 50%. Кроссинговер может быть одиночный и двойной.

Чем больше расстояние между генами, тем чаще частота перекреста, и наоборот.

Частота кроссинговера зависит от расстояния и силы сцепления между генами: чем больше расстояние, тем меньше силы сцепления и тем чаще происходит кроссинговер.

Единица расстояния между генами названа в честь Моргана – **морганидой.** Она соответствует 1% кроссинговера.

Карта хромосом – это расположение генов в хромосоме и относительное расстояние между ними, выраженное в кроссинговерных единицах (морганидах).

Основные положения хромосомной теории наследственности

1. Гены в хромосомах расположены линейно в определенных локусах.
2. Гены, расположенные в одной хромосоме, наследуются сцепленно и образуют группу сцепления.
3. Число групп сцеплений соответствует гаплоидному набору хромосом.
4. Между гомологичными хромосомами может происходить кроссинговер, в результате в потомстве у гетерозиготных родителей появляются новые признаки.
5. Частота кроссинговера зависит от расстояния между генами.
6. Зная линейное расположение генов и частоту кроссинговера, можно построить карту хромосом.

Вопросы для самоподготовки:

1. Кто описал поведение хромосом во время митоза?
2. Какой объект для исследования выбрал Томас Морган? Назовите преимущества этого объекта.
3. Что такое «группа сцепления»? Чему равно количество групп сцепления?
4. Что является причиной нарушения групп сцепления?
5. Какие признаки наследуются сцепленно?
6. Сколько образуется групп сцеплений?
7. У кого установлено полное сцепление?

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

8. У особей с каким генотипом в потомстве могут возникать в результате кроссинговера новые сочетания аллелей?
9. Как располагаются гены в хромосомах?
10. Как определить частоту кроссинговера?
11. Когда происходит кроссинговер?
12. Сформулируйте основные положения хромосомной теории наследственности.

Примеры решения типовых задач

Задача 1. Определите различия в численном соотношении образующихся гамет у двух организмов, имеющих структуру генотипов:

1) $\frac{A}{a}\ \frac{B}{b}$, 2) $\frac{A\ B}{a\ b}$.

Решение. У первого организма гены не сцеплены и наследуются независимо. Он дает в равном количестве четыре сорта гамет (25% A B, 25% A b, 25% a B, 25% a b). У второго наблюдается сцепление генов. Этот организм дает при полном сцеплении два сорта гамет (50% A B и 50% a b). При неполном сцеплении генов будут образовываться четыре сорта гамет; из них некроссоверные A B, a b в количестве больше чем по 25% и кроссоверные A b и a B – меньше чем по 25%.

Задача 2. Гены A и C расположены в одной группе сцепления, расстояние между ними 5,8 морганид. Определите, какие типы гамет и в каком процентном соотношении образуют особи генотипа $\frac{A\ C}{a\ c}$.

Решение. У организма с данным генотипом наблюдается неполное сцепление генов. Некроссоверные гаметы – A C и a c, кроссоверные – A c и a C. Количество каждой из кроссоверных гамет будет 5,8 : 2 = 2,9%, а каждой из некроссоверных – (100 – 5,8) : 2 = 47,1%.

Задача 3. Скрещивание между гомозиготным серым длиннокрылым самцом дрозофилы и гомозиготной черной самкой с зачаточными крыльями дало в F_1 гетерозиготных потомков с серым телом и длинными крыльями.

При возвратном скрещивании самок дрозофилы из поколения F_1 с гомозиготными двойными рецессивными самцами были получены следующие результаты:

Родительские фенотипы:	серое тело, длинные крылья 965, черное тело, зачаточные крылья 944;
Рекомбинантные фенотипы:	черное тело, длинные крылья 206, серое тело, зачаточные крылья 185.

Определите расстояние между генами.

РЕПОЗИТОРИЙ УО БГАВМ

Решение.

Расстояние между генами вычисляется по формуле 1:

$$X = \frac{a+b}{n} \times 100, \qquad (1)$$

где X – расстояние между генами в процентах кроссинговера или морганидах;

a – число кроссоверных особей одного класса;

b – число кроссоверных особей другого класса;

n – общее число особей, полученных в результате анализирующего скрещивания.

В нашем примере:

$$\frac{(206+185)}{(965+944)+(206+185)} \times 100 = \frac{391}{2300} \times 100 = 17\%.$$

Таким образом, расстояние между генами составит 17 морганид.

Самостоятельное решение задач из сборника.

ТЕМА 5. ГЕНЕТИКА ПОЛА

Цель занятия: изучить закономерности наследования пола, особенности его дифференцировки и определения.

Содержание и методика проведения занятия

Контрольные вопросы:

1. Пол как биологический признак. Первичные и вторичные половые признаки.
2. Признаки, контролируемые и ограниченные полом, их наследование.
3. Основные типы детерминации (определения) пола.
4. Первичное, вторичное и третичное соотношение полов.
5. Нарушения в формировании признаков пола.
6. Нарушения при нерасхождении половых хромосом.
7. Особенности наследования признаков, сцепленных с полом.
8. Проблема регулирования пола.

Теоретическая часть

Пол – это совокупность морфологических, физиологических, биохимических, поведенческих и других признаков организма, обусловливающих репродукцию (воспроизведение) себе подобных.

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Признаки пола подразделяют на две группы: первичные и вторичные.

Первичные половые признаки принимают непосредственное участие в процессах воспроизведения (гаметогенез, осеменение, оплодотворение). Это наружные и внутренние половые органы. Они формируются к моменту рождения.

Вторичные половые признаки не принимают непосредственного участия в репродукции, но способствуют привлечению особей противоположного пола. Они зависят от первичных половых признаков и развиваются под воздействием половых гормонов (в период полового созревания). К таким признакам относятся особенности развития костно-мышечной системы, волосяного покрова, тембр голоса, поведение и др.

Соматические признаки особей, обусловленные полом, подразделяются на три группы: ограниченные полом, контролируемые полом и сцепленные с полом. Развитие признаков, ограниченных полом, обусловлено генами, расположенными в аутосомах особей обоих полов, которые проявляются только у особей одного пола (ген подагры есть и у мужчин, и у женщин, но проявляет свое действие только у мужчин). Развитие признаков, контролируемых полом, обусловлено генами, расположенными также в аутосомах особей обоих полов, но экспрессивность и пенетрантность их различна у лиц разного пола (развитие волосяного покрова и облысение у человека). Признаки, развитие которых обусловлено генами, расположенными в негомологичных участках половых хромосом, называются сцепленными с половыми хромосомами (гоносомное наследование). Признаки, развитие которых детерминируют гены, расположенные в негомологичном участке **X**-хромосомы, называются сцепленными с **X**-хромосомой (с полом). Таких признаков для человека описано около 200 (нормальное цветовое зрение и дальтонизм, нормальное свертывание крови и гемофилия и др.).

Голандрические признаки детерминируются генами, расположенными в негомологичном участке **Y**-хромосомы (проявляются у мужчин). Таких генов описано 6 (ген одной из форм ихтиоза, оволосения наружного слухового прохода и ушных раковин, средних фаланг пальцев рук и др.).

Основные типы детерминации (определения) пола: **прогамный** – до оплодотворения, половое определение происходит на разных фазах созревания женских гамет – яйцеклеток (коловратки, первичные кольчецы, птицы);

- **сингамный** – в момент оплодотворения, в результате сочетания женских и мужских гамет в зиготе (млекопитающие, рыбы, двукрылые насекомые, двудомные растения);

- **эпигамный** – после оплодотворения, под влиянием внешних условий (морской червь, некоторые виды рыб).

Аномалии сочетания половых хромосом. При нарушении течения митоза могут образовываться особи – гинандроморфы. Содержание половых хромосом в разных клетках таких особей может быть разное (мозаичность). У человека могут быть разные случаи мозаицизма: XX/XXX, XY/XXY, XO/XXX, XO/XXY и др.

При нормальном течении мейоза в женском организме образуется один

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

тип яйцеклеток, содержащих **X**-хромосому. Однако при нарушении расхождения половых хромосом могут образовываться еще два типа – с двумя половыми хромосомами (XX) и не содержащие половых хромосом (O). В мужском организме в норме образуется два типа сперматозоидов, содержащих **X-** и **Y-**хромосому. При нарушении расхождения половых хромосом возможны варианты гамет: сперматозоиды с двумя половыми хромосомами (XY) и без половых хромосом (O). На сегодняшний день причины этого патологического процесса до конца не выяснены, однако было замечено, что чем старше родители, тем больше риск развития таких аномалий.

XXX – синдром трисомии **X**.

XO – синдром Шерешевского-Тернера.

XXY и **XXXY** – синдром Клайнфельтера.

Вопросы для самоподготовки:

1. По каким параметрам можно определить пол у млекопитающих?
2. Что такое аутосомы?
3. Как называются хромосомы, разные у мужского и женского пола?
4. Когда можно определить пол у животных?
5. Где локализуются гены, определяющие развитие признаков, ограниченных полом?
6. Где локализуются гены, определяющие развитие признаков, контролируемых полом?
7. Где локализуются гены, определяющие развитие признаков, сцепленных с полом?
8. Приведите примеры признаков, сцепленных с X-хромосомой.
9. Где локализуются гены, определяющие развитие голандрических признаков?
10. Какие особенности кариотипов у самцов и самок млекопитающих и птиц?
11. Напишите схемы скрещивания, отражающие особенности наследования признаков, сцепленных с полом.
12. Приведите примеры искусственного регулирования пола.

Примеры решения типовых задач

Задача 1. От скрещивания двух зеленых канареек был получен птенец – коричневая самка. Известно, что коричневая окраска канареек зависит от рецессивного сцепленного с полом гена. Определим вероятность появления коричневого самца от такого скрещивания.

Решение. В данном случае следует помнить, что у птиц гомогаметным является мужской пол, а гетерогаметным – женский. Вероятность появления коричневого самца в таком скрещивании равна нулю, поскольку в любом случае одну из **X**-хромосом он получит от гетерогаметной матери с зеленым оперением и будет зеленым.

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Ген	Признак
B	зеленый
b	коричневый

зеленая *зеленый*

P: ♀ X^BY^- × ♂ X^BX^b

G: X^B Y^- X^B X^b

F_1: X^BX^B, X^BX^b, X^BY^-, X^bY^-

зеленый *зеленый* *зеленая* *коричневая*

Задача 2. Известно, что миопатия Дюшенна, сопровождающаяся дистрофией мышц, наследуется как рецессивный признак (а), сцепленный с **X**-хромосомой. Родители здоровы, но отец матери был болен этим заболеванием. Составьте схему решения задачи. Определите генотипы родителей, ожидаемого потомства, пол и вероятность появления потомков, у которых будет отсутствовать ген, вызывающий развитие миопатии.

Решение. Оформляем условие задачи в виде таблицы:

Признак	Ген	Генотип
нормальное развитие	X^A	X^AX^A, X^AY^-
миопатия Дюшенна	X^a	X^aX^a, X^aY^-

P: ♀ X^AX^a × ♂ X^AY^-

G: X^A X^a X^a Y^-

F_1: ♀ X^AX^a, ♀ X^AX^A, ♂ X^aY^-, ♂ X^AY^-

девочка здоровая-носительница миопатии Дюшенна *девочка здорова* *мальчик болен* *мальчик здоров*

Задача 3. У бронзовых индеек встречается своеобразное дрожание тела (вибрирование), которое оказалось наследственным. Жизнеспособность больных птиц была нормальной, а при их разведении в себе получалось аномальное потомство. Однако, когда вибрирующих индюков скрещивали с нормальными индейками, то все потомство женского пола получалось аномальным, а потомки мужского пола – нормальными. Как объяснить это явление?

Решение. Оформляем условие задачи в виде таблицы:

Признак	Ген	Генотип
нормальное развитие	X^A	X^AX^A, X^AY^-
вибрирование	X^a	X^aX^a, X^aY^-

P: ♂ X^aX^a × ♀ X^AY^-

G: X^a X^A Y^-

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

F_1: ♂ X^AX^a, ♀ X^aY^-,
нормальный индюк *вибрирующая индейка*

Самостоятельное решение задач из сборника.

ТЕМА 6. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Цель занятия: изучить нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК), их биологическую роль, ознакомиться с генетическим кодом и его свойствами (триплетность, неперекрывающийся, вырожденность, универсальность) и разобрать синтез белка в клетке.

Содержание и методика проведения занятия

Контрольные вопросы:

1. История открытия нуклеиновых кислот и их биологическая роль.
2. Структура, синтез и биологическая роль ДНК.
3. Структура, типы, синтез и биологическая роль РНК.
4. Генетический код и его свойства.
5. Синтез белка в клетке. Транскрипция. Сплайсинг и процессинг.
6. Синтез белка в клетке. Трансляция.
7. Нарушение синтеза белка в клетке под воздействием антибиотиков.

Теоретическая часть

Нуклеиновые кислоты открыты в 1868 году Фридрихом Мишером. К нуклеиновым кислотам относятся ДНК и РНК. Структура ДНК расшифрована в 1953 году Д. Уотсоном и Ф. Криком.

Химический состав ДНК: углевод – дезоксирибоза; остаток фосфорной кислоты; азотистые основания – пуриновые (аденин, гуанин) и пиримидиновые (тимин, цитозин). Схема строения молекулы ДНК представлена на рисунках 7 и 8.

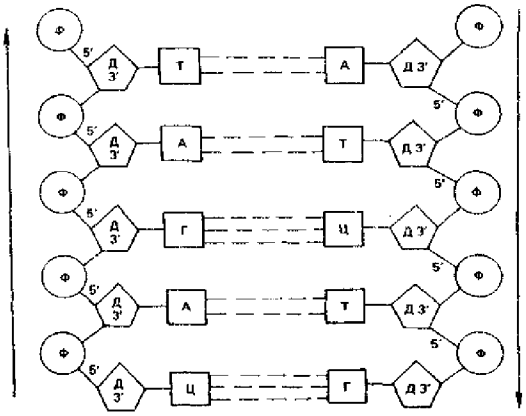
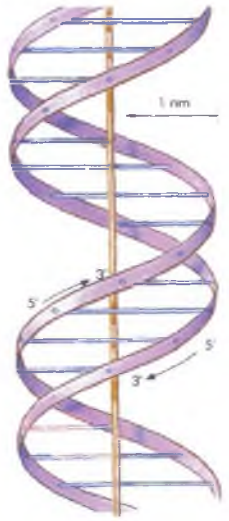


Рисунок 7 – Схема отрезка двухцепочечной молекулы ДНК (по С.М. Гершензону)

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Каждые три нуклеотида (**триплет**) в смысловой цепи ДНК (гене) определяют постановку в нужном месте определенной аминокислоты.



(Цифры указывают на расстояния в А между разными точками молекулы)

Рисунок 8 – Схема строения молекулы ДНК из двух спирально закрученных цепей (по Д. Уотсону и Ф. Крику)

Азотистые основания нуклеотидов обеих цепей ДНК заключены внутри между витками спирали и соединены водородными связями. При этом аденин одной цепи связан только с тимином другой цепи, а гуанин – только с цитозином. Цепи ДНК комплементарны, они взаимно дополняют друг друга.

Молекула РНК состоит из одной полимерной цепи. Химический состав: сахар – рибоза; остаток фосфорной кислоты; азотистые основания – пуриновые (аденин, гуанин) и пиримидиновые (урацил, цитозин). Процесс биосинтеза белка осуществляется и при участии трех видов рибонуклеиновых кислот: информационная (и-РНК), рибосомальная (р-РНК), транспортная (т-РНК). Все рибонуклеиновые кислоты синтезируются на соответствующих участках молекулы ДНК. Они имеют меньшие размеры, чем ДНК. Имеют одну цепь нуклеотидов. Нуклеотиды содержат остаток фосфорной кислоты, пентозу – рибозу, одно из 4 азотистых оснований – А, Г, Ц, У. Урацил вместо тимина. Эти молекулы содержатся в клетках всех живых организмов, а также в некоторых вирусах.

1. Информационная РНК – составляет около 2% от всей РНК клетки. Синтезируется на одной из цепи ДНК. В результате и-РНК содержит генетическую информацию в виде последовательного чередования нуклеотидов, порядок которых точно скопирован с соответствующего участка гена. Она выходит из ядра в цитоплазму, попадает на рибосому и участвует в биосинтезе белка. Триплет называется кодоном (три нуклеотида).

2. Транспортная РНК – синтезируется в ядре, но функционирует в цитоплазме. Одна молекула содержит 75-90 нуклеотидов, вторичная структура в виде клеверного листа, состоящая из трех участков. Средний участок несет антикодон (3 нуклеотида), определяющий место прикрепления к соответствующему кодону и-РНК. Противоположный антикодону акцепторный конец т-РНК несет триплет ЦЦА, к которому прикрепляются активированные аминокислоты. Доля т-РНК со-

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

ставляет примерно 15% от всей РНК. Функция – транспортировка аминокислот к месту синтеза белка. Ряд аминокислот обладает более одной т-РНК, которые отличаются между собой первичной структурой (последовательностью оснований).

3. Рибосомальная РНК – компоненты рибосом (составляет 80% всей РНК). Имеются три вида, различающиеся по молекулярной массе. Накапливаются в ядрышках. Участвуют в биосинтезе рибосом. В ядрышки из цитоплазмы транспортируются рибосомные белки, и там происходит спонтанное образование субчастиц рибосом путем объединения белков с соответствующими р-РНК в процессе биосинтеза белка.

Генетический код: система записи генетической информации в молекулах нуклеиновых кислот в виде определенной последовательности нуклеотидов.

Впервые идея о существовании генетического кода сформулирована А. Дауном и Г. Гамовым в 1952-1954 годы, которые показали, что последовательность нуклеотидов, однозначно определяющая синтез той или иной аминокислоты, должна содержать не менее трех звеньев. Позднее было доказано, что такая последовательность состоит из трех нуклеотидов, названных кодоном, или триплетом.

Благодаря работам американских генетиков М. Ниренберга, С. Очоа, Х. Кораны известен не только состав, но и порядок нуклеотидов во всех кодонах.

Расшифровка кода – крупнейшее достижение биологии XX века. К 1966 году генетический код расшифрован полностью. Единица генетической информации, определяющая, какая из аминокислот будет встраиваться в синтезируемую молекулу белка, получила название кодона.

Общие свойства кода были выявлены генетическими методами, путем изучения молекулярных закономерностей образования мутаций.

Свойства генетического кода:

1. Универсальный – характерен для всех живых организмов.
2. Триплетен – каждая аминокислота кодируется тремя нуклеотидами.
3. Непрерывен – между триплетами нет свободных нуклеотидов.
4. Неперекрывающийся – соседние триплеты не имеют общих оснований.
5. Вырожденный (избыточный) – так как все аминокислоты кодируются более чем одним кодоном (исключение – метионин, триптофан).
6. Коллинеарность. Между последовательностью нуклеотидов и кодируемой последовательностью аминокислот существует линейное соответствие.
7. В конце каждого гена имеются специальные триплеты – терминаторы (УАА, УАГ, и УГА), каждый из которых обозначает прекращение синтеза полипептидной цепи.

Процесс биосинтеза белка состоит из двух этапов:

1. Транскрипция;
2. Трансляция.

Транскрипция – это синтез информационной РНК. ДНК выполняет роль матрицы (одна цепь). Синтез РНК обеспечивают РНК-полимеразы, которые присоединяются к промотору (участку 40-50 нуклеотидов). Нуклеотидные цепи расходятся, и одна становится матрицей. РНК-полимераза перемещается вдоль

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

ДНК путем присоединения нуклеотидов по правилу комплементарности к А–У, к Т–А, к Г–Ц, к Ц–Г. Достигнув терминирующего кодона, и-РНК отделяется от ДНК, она считается «несозревшей».

Процесс созревания информационной РНК называется процессингом. В РНК есть участки **интроны**, не несущие наследственной информации, и **экзоны**, несущие информацию. В ходе созревания интроны удаляются, а экзоны соединяются между собой ферментом лигазой – это **сплайсинг**. К концу 5′ присоединяется «колпачок» – состоящий из 7-метилгуаниновой кислоты, а 3′ концу – полиадениловые последовательности. Далее и-РНК через поры ядерной мембраны следует в цитоплазму к рибосомам.

Трансляция – перевод последовательности нуклеотидов и-РНК в последовательность аминокислот в молекуле белка. Перед трансляцией т-РНК активируются с образованием аминоацил-транспортных РНК.

В процессе трансляции выделяют три стадии: инициация, элонгация и терминация.

Инициация. Центральное место принадлежит рибосомам. Образуется инициирующий комплекс: и-РНК связывается с малой субъединицей, а т-РНК – с аминокислотой (метионин). Затем к этому комплексу присоединяется большая субъединица.

Элонгация – процесс образования полипептидной цепи. Рибосома имеет 2 центра – аминоацильный и пептидильный. Рибосома движется вдоль и-РНК, в аминоацильный центр попадает новый кодон. К нему присоединяется своим антикодоном соответствующая транспортная РНК. Между аминокислотами возникают пептидные связи. Рибосома движется дальше и т. д.

Терминация – это процесс прекращения синтеза белка, когда в аминоацильный центр попадает один из трех терминирующих кодонов. При участии факторов терминации белок отсоединяется от рибосомы. Рибосомы расходятся, и-РНК распадается. На одной молекуле РНК работает много рибосом, которые называются полисомы.

Вопросы для самоподготовки:

1. Кто открыл нуклеиновые кислоты?
2. Доказательство роли ДНК в наследственности.
3. Какие азотистые основания являются пуриновыми, а какие – пиримидиновыми?
4. В чем заключается правило Чаргаффа?
5. Чем отличаются молекула ДНК от РНК?
6. Назовите химический состав, структуру и виды РНК.
7. Какие основные свойства генетического кода?
8. Какие основные этапы синтеза белка в клетке?
9. Сущность этапа транскрипции при синтезе белка.
10. Сущность этапа трансляции при синтезе белка.
11. Как воздействуют антибиотики на синтез белка в клетке?

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Примеры решения задач

Одна из цепей фрагмента молекулы ДНК имеет следующую последовательность нуклеотидов:

Г–Г–Г–А–Т–А–А–Ц–А–Г–А–Т

Укажите строение противоположной цепи ДНК.

Укажите последовательность нуклеотидов в молекуле и-РНК, построенной на этом участке цепи ДНК.

Какая последовательность аминокислот кодируется последовательностью азотистых оснований в цепи ДНК (приложение 1).

Решение: по принципу комплементарности строим сначала 2-ю цепь фрагмента молекулы ДНК, а затем последовательность нуклеотидов в молекуле и-РНК.

I цепь ДНК **Г–Г–Г–А–Т–А–А–Ц–А–Г–А–Т**

II цепь ДНК **Ц–Ц–Ц–Т–А–Т–Т–Г–Т–Ц–Т–А**

и-РНК **Г–Г–Г–А–У–А–А–Ц–А–Г–Ц–У**

Аминокислоты: глицин-изолейцин-треонин-аланин

Самостоятельное решение задач из сборника.

ТЕМА 7. МУТАЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Цель занятия: изучить материальную природу и механизмы мутагенного действия отдельных групп мутагенов; ознакомиться с источниками загрязнения мутагенами окружающей среды.

Содержание и методика проведения занятия

Контрольные вопросы:

1. Понятие мутации и мутагена.
2. Классификация мутаций.
3. Характеристика геномных, хромосомных и генных мутаций.
4. Фенотипические особенности полиплоидных организмов.
5. Физические, химические и биологические мутагены. Механизм мутагенного действия.
6. Значение индуцированного мутагенеза в селекционной практике.
7. Закон гомологических рядов наследственной изменчивости Н.И. Вавилова и его значение для практики.
8. Репарирующие системы клетки.
9. Проблема загрязнения окружающей среды и генетический мониторинг.

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Теоретическая часть

Термин «мутация» был предложен в 1880 г. Гуго де Фризом для обозначения внезапно возникающих наследуемых изменений у растений.

Мутация – внезапные изменения признака, в основе которого лежат количественные или качественные изменения генетического материала.

Классификация мутаций:

1. Геномные мутации – обусловлены изменением числа хромосом.

2. Хромосомные перестройки, или **хромосомные аберрации** – видимые изменения структуры хромосом. Различают внутрихромосомные аберрации (фрагментацию, нехватки, дупликации, инверсии, транспозиции) и межхромосомные (транслокации).

3. Генные мутации – обусловлены изменениями в структуре генов.

Процесс образования мутаций называется **мутагенезом.**

Факторы, вызывающие мутации – **мутагены.** Организмы, подвергшиеся мутациям – **мутанты.**

Мутагенез может быть спонтанным, когда мутации возникают в природе без вмешательства человека, и индуцированным, когда мутации возникают искусственно. **Индуцированные мутации** – результат направленного воздействия определенных мутагенных факторов. **Мутагенные факторы** подразделяются на физические, химические, биологические.

По месту возникновения **генеративные** – возникающие в половых клетках и передающиеся по наследству. **Соматические** – ведут к появлению генетических мозаик, в результате чего измененной окажется часть организма. Это мутации тканевого уровня.

По действию мутационной аллели на организменном уровне различают видимые (морфологические и физиологические) и биохимические мутации.

По фенотипическому проявлению мутации делятся на морфологические (коротконогость, отсутствие шерстного покрова); физиологические, обусловливающие понижение или повышение продуктивности или жизнеспособности особи, устойчивость или подверженность болезням, что приводит к летальному исходу; биохимические – изменения характера обмена веществ в организме, нарушающие или изменяющие синтез ферментов, структурных белков и т.д.

По исходу действия на организм мутации бывают отрицательными – летальными (несовместимыми с жизнью) и полулетальными (снижающими жизнеспособность организма); нейтральными, то есть не влияющими на процессы жизнедеятельности; положительными, то есть повышающими жизнеспособность организма.

Репарация – это внутриклеточный процесс, обеспечивающий восстановление поврежденной структуры молекулы ДНК. Нарушения структуры молекулы ДНК могут быть вызваны повреждениями азотистых оснований, разрывом одной или двух нитей молекулы, сшивками нитей ДНК.

Виды репарации: фоторепарация (фотореактивация), темновая, эксцизная (пререпликативная), пострепликативная (рекомбинационная) репарация.

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Вопросы для самоподготовки:

1. Кем был предложен термин «мутация»?
2. Кто изучал впервые индуцированный мутагенез?
3. Какие выделяют основные группы мутагенов?
4. Назовите классификации мутаций.
5. Какие мутации являются генными, геномными и хромосомными?
6. В чем заключается отличие автополиплоидов от аллополиплоидов?
7. Биологические особенности полиплоидов?
8. Как происходит темновая репарация?
9. Как осуществляется генетический мониторинг загрязнения окружающей среды?
10. Значение мутации в эволюции и селекции.

Задание 1. Составить таблицу по характеристике основных групп мутагенов на основании данных учебной литературы.

Таблица 3 – Характеристика основных групп мутагенов

Группы мутагенов	Представители	Мутагенный эффект
1. Химические мутагены		
1) алкалоиды		
2) окислители		
3) алкилирующие соединения		
4) ингибиторы синтеза азотистых оснований		
2. Физические мутагены		
1) ионизирующие излучения		
2) ультрафиолетовое излучение		
3. Биологические мутагены		

Задание 2. Провести сравнение диплоидной и тетраплоидной ржи по следующим показателям: длина колоса, среднее количество зерен в колосе, средняя масса 100 зерен. Сделать обобщающий вывод.

Задание 3. Решение задач по генным мутациям.

Пример. Аминокислотный состав полипептида кодируется участком ДНК со следующей последовательностью азотистых оснований:

АГТ АТА ТТА ЦАГ.

Вопрос: Как изменится аминокислотный состав полипептида, если в молекуле ДНК произойдет замена пятого азотистого основания на гуанин?

Вопрос: Как изменится аминокислотный состав полипептида, если в молекуле ДНК произойдет утеря пятого азотистого основания?

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

До мутации: После мутации:

ДНК: АГТ АТА ТТА ЦАГ ДНК: АГТ ААТ ТАЦ АГ…
и-РНК: УЦА УАУ ААУ ГУЦ и-РНК: УЦА УУА АУГ УЦ…
Полипептид: серин–тирозин–аспарагин–валин Полипептид: серин–лейцин–метионин

Самостоятельное решение задач из сборника.

ТЕМА 8. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОНТОГЕНЕЗА

Цель занятия: изучить сущность взаимосвязи между генами и признаками, принципы и механизмы генной активности в онтогенезе.

Содержание и методика проведения занятия

Контрольные вопросы:

1. Понятие и генетическая сущность онтогенеза.
2. Влияние гена на развитие признака у прокариот и эукариот.
3. Дифференциальная активность генов.
4. Регуляция действия генов у прокариот и эукариот.
5. Влияние среды на развитие признака.
6. Критические периоды в развитии.

Теоретическая часть

Индивидуальное развитие особи называется **онтогенезом** (Э. Геккель, 1866).

Особью, или индивидом (от лат. *individuum* – неделимый), называется неделимый далее организм (от лат. *organizo* и франц. *organisme* – устраиваю, придаю стройность). Главные существенные признаки особи – это ее целостность, строгая взаимозависимость всех частей, органов и систем органов. Разделить особь на части без потери морфофункциональной индивидуальности невозможно.

Онтогенез включает две группы процессов: морфогенез и воспроизведение (репродукцию). Онтогенез многоклеточных организмов сопровождается рядом общих основных процессов:

- рост – увеличение числа клеток или их объема (растяжение);
- гистогенез – образование и дифференцировка тканей;
- органогенез – образование органов и систем органов;
- морфогенез – формирование внутренних и внешних морфологических признаков;
- физиолого-биохимические преобразования.

У животных важную роль в регуляции онтогенетических процессов играют эндокринная и нервная системы. В онтогенезе высших животных **выделяют следующие этапы (периоды) онтогенеза:**

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

•предзародышевый (проэмбриональный) – развитие половых клеток (гаметогенез) и оплодотворение;

•зародышевый (эмбриональный) – развитие организма под защитой яйцевых и зародышевых оболочек или под защитой материнского организма;

•послезародышевый (постэмбриональный) – до достижения половой зрелости и взрослое состояние – размножение, забота о потомстве, старение и гибель.

Дифференцировка – это процесс формирования структурно-функциональной организации клеток, в результате которого клетки приобретают способность к выполнению определенных функций.

Последовательность этапов дифференцировки:

•Первопричиной дифференцировки клеток является химическая разнородность цитоплазмы клеток, которая увеличивается после оплодотворения.

•Химическая разнородность цитоплазмы бластомера, в разных бластомерах разные индукторы.

•Разные индукторы включают в работу разные гены.

•Синтезируются разные белки и ферменты.

•Различные ферменты катализируют разные типы биологических реакций.

•В разных бластомерах идет синтез разных типо-тканеспецифических белков, вследствие чего образуются другие типы клеток (морфологическая разнородность).

•Различные типы клеток образуют разные ткани.

•Из разных тканей формируются разные органы.

Морфогенез (формообразование) – это внешнее проявление развития организма. В ходе морфогенеза количественные изменения переходят в качественные.

Регуляция генной активности по теории Ф. Жакоба и Ж. Моно

В клетке одновременно транскрибируются не все гены, а только те, которые кодируют необходимые в данный момент белки. В клетке имеется механизм, регулирующий активность генов и обеспечивающий синтез необходимых в данное время белков. Такие механизмы имеются у прокариот и эукариот. Была предложена теория индукции (возбуждения) и репрессии (торможения) белкового синтеза. Авторы использовали принцип обратной связи, т. е. накопление достаточного количества вещества останавливает его дальнейший синтез.

Особенности регуляции активности генов у эукариот

Механизмы регуляции генной активности у эукариот значительно сложнее и связано это со сложной дифференцировкой клеток разных органов и тканей. У эукариот опероны состоят из структурных генов и регуляторов, которые управляют их активностью. Подавление групповой активности генов осуществляется белками-гистонами. Важную роль в регуляции играют гормоны, которые являются индукторами синтеза и-РНК.

Модификационная изменчивость – это изменчивость фенотипа без генотипа. Происходит под воздействием внешних факторов внешней среды на фер-

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

ментативные реакции, протекающие в организме, и носит приспособительный характер. Она ненаследственная.

При изменении условий среды иногда признак изменяется так же, как и под влиянием действия генов, но ненаследственные – это фенокопии.

Критическими периодами называют периоды эмбриогенеза, наибольшей чувствительности зародыша к воздействиям факторов внешней среды (температура, инфекции, лекарства).

Основные формируемые понятия: онтогенез, периоды онтогенеза, морфогенез, дифференцировка, оперон, ген-оператор, ген-регулятор, репрессор, индуктор, модификационная изменчивость, критические периоды, норма реакции.

Вопросы для самоподготовки:

1. Что такое онтогенез? Как в онтогенезе осуществляется реализация генотипа?
2. Кто ввел термин онтогенез?
3. На какие периоды подразделяется онтогенез у млекопитающих?
4. Что такое морфогенез?
5. Что представляет собой главный механизм дифференцировки?
6. Каковы особенности регуляции активности генов у эукариот?
7. Сущность критических периодов в онтогенезе.
8. Что такое фенокопии и морфозы?
9. Приведите примеры влияния среды на развитие признаков.
10. Что входит в состав оперона?
11. Какой белок синтезирует ген-регулятор?

Задание 1. Зарисовать последовательную цепь превращений фенилаланина в никотиновую кислоту. Ответить на вопрос: «Что произойдет при мутации гена, контролирующего 2-5 этапы превращения фенилаланина?»

Задание 2. Составить таблицу по характеристике критических периодов в эмбриогенезе крупного рогатого скота, кур.

Таблица 4 – Характеристика критических периодов в эмбриогенезе крупного рогатого скота и кур

Вид	Период эмбриогенеза	Содержание процессов органогенеза и дифференцировки
Крупный рогатый скот		
Куры		

Задание 3. Составить таблицу по характеристике гемоглобина плода и взрослого организма.

Таблица 5 – Характеристика гемоглобинов плода и взрослого организма

Тип гемоглобина	Полипептидные цепи
HB A	
HB F	

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

ТЕМА 9. ГРУППЫ КРОВИ И НАСЛЕДСТВЕННЫЙ ПОЛИМОРФИЗМ БЕЛКОВ

Цель занятия: изучить генетическую природу полиморфизма эритроцитарных антигенов и белков организма и научиться анализировать результаты генетической экспертизы происхождения животных.

Содержание и методика проведения занятия

Контрольные вопросы:

1. Какие белки называются полиморфными?
2. Причины возникновения полиморфизма белков.
3. Понятие о группах крови и системах групп крови.
4. Наследование групп крови и полиморфных белков.
5. Использование данных о группах крови и полиморфных белках в практике животноводства и ветеринарии.
6. Правило наследования групп крови.
7. Методы определения эритроцитарных антигенов.
8. Способы изучения полиморфных белков.

Теоретическая часть

Иммуногенетика – это наука, которая занимается изучением групп крови и биохимического полиморфизма.

Группы крови обусловлены белками, находящимися на поверхности мембраны эритроцитов. Эти белки называются антигенами, т. к. выявляются с помощью иммунологической реакции. Первые группы крови открыты в 1900 году у человека Карлом Ландштейнером (группы А, В, О). Первые группы крови у сельскохозяйственных животных (крупного рогатого скота) открыты в 1910 году.

Антигены (**агглютиногены**) – это генетически чужеродные вещества, вызывающие при введении в организм специфические иммунологические реакции с появлением антител.

Антитела (**агглютинины**) – это вещества белковой природы, которые образуются в организме под воздействием антигенов.

Феногруппы – это сочетание антигенов, которые наследуются вместе.

Антигены групп крови обозначаются прописными и строчными буквами латинского алфавита. Дополнительно используют индексы и значки (A_2, B').

Генетическая система групп крови – совокупность антигенов, контролируемых одним локусом хромосомы.

Системы групп крови также обозначаются латинскими буквами.

У человека имеются 17 систем групп крови, у крупного рогатого скота – 12, у свиней – 17, у лошадей – 9, у кур – 14.

Системы подразделяются на простые и сложные. **Простые** включают не более двух антигенов, **сложные** – 3 антигена и больше. У крупного рогатого

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

скота сложными являются системы A, B, C, S. Наиболее крупная система «B». Она включает свыше сорока антигенов.

Тип крови – совокупность всех групп крови одной особи.

Полиморфизм белков – это одновременное существование белка в нескольких формах. Для большинства полиморфных локусов характерно наличие двух аллелей, но может быть и несколько. Причиной возникновения полиморфизма является мутационный процесс.

У сельскохозяйственных животных изучено более 150 полиморфных локусов белков крови, молока, тканей и др., которые расположены в аутосомах. Хорошо изучен полиморфизм белков сыворотки крови (трансферрина, церулоплазмина, гемоглобина, преальбумина, амилазы, эстеразы, карбоангидразы эритроцитов и др.), белков молока (альфа-лактоальбумина, бета-лактоглобулина, альфа-, бета-, каппа-, гамма-казеинов), белков яиц (глобулина, трансферрина, лизоцима) и др. Основным методом изучения полиморфизма белков и ферментов является метод электрофореза в крахмальном, агаровом, полиакриламидном гелях и иммуноэлектрофорез.

Гемолитическая болезнь новорожденных (ГБН) – врожденное заболевание плода и новорожденного, обусловленное иммунологической несовместимостью крови плода и матери по эритроцитарным антигенам. Встречается с частотой 1: 250-300 родов.

Для большинства генов известны только два аллеля (аллельная пара), однако встречаются и серии множественных аллелей, возникающие путем мутаций состояний одного локуса хромосомы и различающиеся по своему фенотипическому проявлению. Наследование признаков, определяемых членами серии множественных аллелей, подчиняется законам Г. Менделя. Типичным примером множественного аллелизма может служить система групп крови АВО у человека.

Ген, определяющий группу крови по системе АВО, обозначается *I*. Число аллелей у гена *I* – три: I^O, I^A, I^B. В различных сочетаниях генов образуется четыре группы крови (таблица 6).

Таблица 6 – Группы крови у человека по системе АВО

Группы крови	Антигены	Генотипы	Антитела	В какую группу можно переливать
I	**0**	**00** (только гомозиготна и рецессивна)	**α, β**	**I, II, III, IV** – универсальный донор
II	**A**	**AA, AO**	**β**	**II, IV**
III	**B**	**BB, BO**	**α**	**III, IV**
IV	**AB**	**AB**	**-**	**IV** – универсальный реципиент

Вопросы для самоподготовки:

1. Кто открыл первые группы крови у человека?
2. Что такое антиген и антитело?

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

3. Как делятся системы групп крови?
4. Как наследуются группы и системы крови?
5. В результате чего возникает гемолитическая болезнь?
6. Как проводится генетическая экспертиза происхождения потомства?
7. Какие белки являются полиморфными?
8. Методы определения биохимического полиморфизма белков.
9. Использование групп крови и биохимического полиморфизма на практике.

Задание 1. Провести генетическую экспертизу происхождения потомства крупного рогатого скота.

Таблица 7 – Генетический контроль происхождения потомства крупного рогатого скота (Образец крови _____хозяйство _____ дата _____)

Кличка	Системы групп крови, сывороточных белков						Достоверность происхождения
Отец							
Мать							
Потомок							
Мать							
Потомок							
и т. д.							

<u>Примеры решения.</u> В случае, если у потомка антигены соответствуют антигенам родителей или даже антигенам одного из них, в графе достоверность происхождения ставят (+), т. е. мы подтверждаем происхождение потомка от этих родителей. Если у потомка имеется антиген по какой-либо системе групп крови, который отсутствует у обоих родителей, то он не является их потомком. В графе «Достоверность происхождения» ставят (–).

Задание 2. Решение задач по наследованию групп крови у человека.

Например. **Задача 1.** Гетерозиготная женщина со II группой крови вышла замуж за гетерозиготного мужчину с III группой крови. Какие группы крови могут иметь дети?

Решение. Оформляем условие задачи в виде таблицы:

Ген	**Признак**	**Генотип**
I^A	II группа	I^AI^O
I^B	III группа	I^BI^O

II группа *III группа*

P: ♀ I^AI^O × ♂ I^BI^O

G: I^A I^O I^B I^O

F_1: I^AI^B; I^AI^O; I^BI^O; I^OI^O

IV *II* *III* *I*

У детей возможны все четыре группы крови.

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Задача 2. Какие группы крови может иметь ребенок, если у отца она четвертой группы, резус-положительная, у матери – первой группы, резус-отрицательная?

Решение. Оформляем условие задачи в виде таблицы:

Ген	Признак	Генотип
I^0	I группа	I^OI^O
I^A, I^B	IV группа	I^AI^B
Rh^+	Резус-положительность	$Rh^+ Rh^+$, $Rh^+ rh^-$
Rh^-	Резус отрицательность	$rh^- rh^-$

I^AI^BRhRh или I^AI^BRhrh – генотип отца, I^OI^Orhrh – генотип матери.

Определим генотипы детей при разных сочетаниях вступивших в брак родителей:

1) I – IV +

P: ♀ I^OI^Orhrh × ♂ I^AI^BRhRh

G: I^Orh I^ARh I^BRh

F_1: I^AI^ORhrh; I^BI^ORhrh

II + III +

2) I – IV +

P: ♀ I^OI^Orhrh × ♂ I^AI^BRh rh

G: I^Orh I^ARh I^BRh I^Arh I^Brh

F_1: I^AI^ORhrh; I^BI^ORhrh; I^AI^Orhrh; I^BI^Orhrh

II + III + II – III –

Таким образом, дети могут иметь группы крови II и III, резус-фактор как положительный, так и отрицательный.

Самостоятельное решение задач из сборника.

ТЕМА 10. ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦИЙ

Цель занятия: научиться определять частоты аллелей и генотипов в популяциях. Ознакомиться с действием эволюционных факторов на структуру популяции животных.

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Содержание и методика проведения занятия

Контрольные вопросы и сообщения:

1. Понятие о популяции.
2. Структура свободно размножающейся популяции. Закон Харди-Вайнберга.
3. Основные факторы эволюции в популяции.
4. Основные свойства популяции.

Теоретическая часть

Вид – это основная систематическая единица, реально существующая в природе, занимающая определенный ареал и представляющая совокупность родственных по происхождению особей, качественно отличающихся от других видов и не скрещивающихся с ними.

Популяция – это совокупность особей одного вида, длительно занимающих определенный ареал, свободно скрещивающихся между собой и относительно изолированных от других особей вида.

Различают естественные и искусственные популяции. Естественные популяции формируются в природе под действием изменчивости, наследственности, естественного отбора и условий среды. Искусственными называются популяции, созданные человеком на основе наследственности, искусственного целенаправленного отбора и создаваемых условий среды.

Чаще всего выделяют такие виды популяций, как географические, экологические и локальные.

Географической называют совокупность особей, занимающих территорию с однородными в географическом плане условиями. Особи при этом обладают фенотипическим сходством.

Экологической называют такую совокупность особей, которая обитает в рамках одной системы. При этом границы совпадают с границами самой экосистемы, определяемыми растительностью, фитоценозом.

Локальная популяция – это местная совокупность популяций определенного вида. Особи обитают на различных экосистемах конкретной местности.

Выделяют панмиксные популяции (нет ограничений к свободному выбору полового партнера) и непанмиксные (есть ограничения в выборе полового партнера).

По численности популяции бывают большие (более 4000 особей) и малые (менее 4000 особей) – демы и изоляты.

Наряду с популяцией в генетике существует понятие «чистая линия».

Чистая линия – это потомство, полученное от одного родителя и имеющее с ним полное сходство по генотипу. Чистые линии могут быть созданы в растениеводстве у самоопыляющихся растений. В отличие от популяций они характеризуются полной гомозиготностью, вследствие чего отбор в чистой линии невозможен, так как все особи в ней имеют идентичный набор генов.

Популяционная генетика – наука, изучающая генетические явления, происходящие в популяциях. Особи каждой популяции отличаются друг от друга, и каждая из них в чем-то уникальна. Многие из этих различий наследственные, или генетические, – они определяются генами и передаются от родите-

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

лей к детям. Совокупность генов всех особей данной популяции называется **генофондом популяции**.

В 1908 году английский математик Г. Харди и немецкий врач В. Вайнберг независимо друг от друга провели математический анализ распределения аллелей в свободно размножающейся популяции. Было установлено, что такая популяция находится в состоянии равновесия, т.е. из поколения в поколение не изменяется и в ней сохраняется определенное соотношение генотипов, выражаемое формулой 2:

$$p^2AA + 2pqAa + q^2aa = 1, \quad (2)$$

где p^2 – выражает частоту гомозигот (АА);
q^2 – выражает частоту гомозигот (аа);
$2pq$ – выражает частоту гетерозигот (Аа).

Так как каждая гамета самца или самки несет ген «А» или ген «а», то частоту встречаемости доминантного и рецессивного гена определяем по формуле 3:

$$pA + qa = 1, \quad (3)$$

где pA – концентрация или частота в популяции гамет с геном «А»;
qa – концентрация в популяции гамет с геном «а».

Идеальная популяция не эволюционирует, она стабильна, и изменения соотношения частот генов и генотипов не происходит. Таких популяций в природе не существует, так как действуют факторы, нарушающие равновесие генов. Действие этих факторов более заметно в малых популяциях. К ним относят: мутационный процесс, естественный отбор, дрейф генов, миграции, популяционные волны, изоляцию.

Вопросы для самоподготовки:

1. Что такое генофонд?
2. Какие выделяют виды популяций?
3. Какие популяции называются панмиксными?
4. Что понимают под «чистой линией»? Каковы ее отличия от популяции?
5. Эффективность отбора в популяции и чистой линии.
6. Докажите закон Харди-Вайнберга.
7. Что такое генетический груз?
8. Что такое популяционные волны?
9. Что такое дрейф генов?
10. Перечислите виды изоляций.
11. Какое влияние на генетическую структуру популяции оказывает отбор?
12. Какое влияние на генетическую структуру популяции оказывает скрещивание и инбридинг?

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Примеры решения типовых задач

Задача 1. В популяции, подчиняющейся закону Харди-Вайнберга, частоты аллелей *A* и *a* соответственно равны 0,8 и 0,2. Определите частоты гомозигот и гетерозигот по этим генам в первой генерации.

Решение. Частоты генотипов вычисляются по уравнению Харди-Вайнберга: $p^2AA + 2pqAa + q^2aa = 1$.

В данной задаче частота аллеля р*A* равна 0,8, а частота аллеля *qa* равна 0,2. Подставив эти числовые значения в уравнение Харди-Вайнберга, получим следующее выражение:

$$0{,}8^2 + 2 \times 0{,}8 \times 0{,}2^2 = 1 \text{ или } 0{,}64 + 0{,}32 + 0{,}04 = 1.$$

Из уравнения следует, что 0,64 – частота доминантного гомозиготного генотипа *(AA),* а 0,04 – частота рецессивного гомозиготного генотипа (*aa)*. 0,32 – частота гетерозиготного генотипа *(Aa)*.

Задача 2. В популяции лисиц на 1000 особей встречаются 10 белых особей, остальные рыжие. Определите процентное соотношение рыжих гомозиготных, рыжих гетерозиготных и белых лисиц в данной популяции.

Решение. По уравнению Харди-Вайнберга частоты генотипов равны:

$p^2AA + 2pqAa + q^2aa = 1$.

Частота белых гомозиготных по рецессивному аллелю особей составит: $q^2 = 10 \div 1000 = 0{,}01 = 1\%$. Отсюда частота рецессивного аллеля $q = 0{,}1$. Поскольку $p + q = 1$, то частота доминантного аллеля будет равна $p = 1 - q = 1 - 0{,}1 = 0{,}9$. Это значит, что частота рыжих доминантных гомозиготных лисиц составит $0{,}9^2$ или 0,81, а частота рыжих гетерозиготных особей будет равна $2pq$ или $2 \times 0{,}9 \times 0{,}1 = 0{,}18$.

Таким образом, рыжих гомозиготных лисиц в популяции 81%, рыжих гетерозиготных – 18%, белых лисиц – 1%.

Самостоятельное решение задач из сборника.

ТЕМА 11. ОСНОВЫ БИОМЕТРИИ

Цель занятия: ознакомиться с классификацией изменчивости и методами ее изучения.

Содержание и методика проведения занятия

Контрольные вопросы:

1. Понятие изменчивости. Классификация типов изменчивости.
2. Типы распределения варьирующих признаков.
3. Средняя арифметическая, средняя геометрическая, средняя гармоническая.
4. Понятие о статистических ошибках. Уровень вероятности и значимости.
5. Определение достоверности разности между средними арифметическими двух выборок.
6. Коэффициент корреляции. Определение связи между количественными и качественными признаками.
7. Основы дисперсионного анализа.

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Теоретическая часть

Биометрия – наука о применении статистических (математический) методов для изучения живых организмов.

Изменчивость – вариабельность (разнообразие) признаков среди представителей данного вида. Различают несколько типов изменчивости: наследственную (генотипическую) и ненаследственную (фенотипическую); индивидуальную (различие между отдельными особями) и групповую (между группами особей), например, различными популяциями данного вида. Групповая изменчивость является производной от индивидуальной; качественную и количественную; направленную и ненаправленную.

Фенотипическая, или модификационная, изменчивость представляет собой изменения признаков организма (его фенотипа), не связанные с изменением генотипа. Ярким примером такой изменчивости может служить пшеничное поле, которое, с одной стороны, поражает однотипностью, а с другой - отсутствием одинаковых особей. Модификационная изменчивость ограничивается так называемой нормой реакции организма, представляющей степень изменяемости признака и определяемой генотипом. Норма реакции разных генотипов различна и зависит от условий среды. Это можно проиллюстрировать следующим примером. У крупного рогатого скота окраска шерсти не меняется в любых условиях, т. е. норма реакции по этому признаку постоянна, но по такому признаку, как молочная продуктивность, варьирует в очень широких пределах в зависимости от условий кормления и содержания.

Генотипическая изменчивость подразделяется на мутационную и комбинативную.

Модификационная изменчивость возникает под влиянием условий внешней среды, т.е. ненаследственная и проявляется фенотипически. Модификационная изменчивость широко распространена в природе.

Условия среды иногда сглаживают генетические различия между животными. Тогда худшие и лучшие по генотипу особи могут иметь одинаковую продуктивность.

Модификации имеют большое эволюционное значение, так как служат одним из видов приспособления организмов к изменяющимся условиям среды.

Мутационная изменчивость – это такая изменчивость, при которой происходят скачкообразные, прерывистые изменения наследственного признака (мутации). Иными словами, **мутации** – это внезапно возникающие стойкие изменения генетического аппарата, включающие переход генов из одного аллельного состояния в другое, изменение их структуры, различные изменения структуры хромосом, их числа в кариотипе, а также генетических структур цитоплазмы.

Комбинативная изменчивость обусловливается разнообразием генотипов и обеспечивает появление новых комбинаций признаков в результате скрещивания. Она наследуется в соответствии с законами Г. Менделя и правилом Т. Моргана. Играет большую роль в эволюции, так как дает новые сочетания приспособительных признаков, возникающих при скрещивании. Комбинативная изменчивость используется в селекции для улучшения пород животных, сортов растений.

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Коррелятивная изменчивость. На развитие организма влияют наследственные и ненаследственные факторы. Организм развивается как единое целое, а изменение одного органа ведет к изменению другого. Связи эти бывают положительные, когда с усилением одного признака усиливается и другой, и отрицательные, когда усиление развития одного признака тормозит развитие другого. Корреляционная изменчивость ограничивает возможности комбинативной изменчивости при создании новых пород.

Вариационный ряд – ранжированный в порядке возрастания или убывания ряд вариантов с соответствующими им весами (частотой). То есть вариационный ряд – двойной числовой ряд, показывающий, каким образом численные значения изучаемого признака связаны с их повторяемостью в выборке. Вариационные ряды имеют большое значение при статистической обработке экспериментальных данных, поскольку дают наглядное представление о характерных особенностях варьирования признака.

В математике и статистике среднее арифметическое (или просто среднее) набора чисел – это сумма всех чисел в этом наборе, деленная на их количество.

К показателям вариационного ряда относятся:

Средняя арифметическая ($\overline{X}$) – обобщенная величина, отражающая особенности результатов измерений.

Среднее квадратическое отклонение (σ) – показатель, характеризующий вариацию значений в выборке.

Ошибка (***m***) – средняя величина расхождения между средними значениями результатов измерений в выборке и генеральной совокупностью.

Коэффициент вариации (***C_v***) – среднее квадратическое отклонение, выраженное в процентах от средней арифметической, используется при сравнении разных признаков, чтобы показать, изменчивость какого признака выше.

Мода (***Mo***) – наиболее часто встречающаяся варианта в совокупности.

Медиана (***Me***) – варианта, расположенная в середине (центре) ряда и делящая его на две равные части.

Достоверность разницы между средними арифметическими (***td)*** – это оценка достоверности разницы между средними арифметическими двух выборочных совокупностей, позволяющая определить, случайна ли она, то есть в пределах ошибки выборочности, или достоверна, то есть удовлетворяет требуемому уровню значимости. Эмпирическое значение сравнивается с табличными значениями td при разных уровнях значимости, на основании чего определяется достоверность различий. Достоверность разницы определяется по формуле 4:

$$td = \frac{\overline{X_1} - \overline{X_2}}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}, \qquad (4)$$

где $\overline{X}_1$ – средняя арифметическая первой группы;

$\overline{X}_2$ – средняя арифметическая второй группы;

m_1 – ошибка средней арифметической первой группы;

m_2 – ошибка средней арифметической второй группы.

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Полученное значение *td* сравнивается со стандартным значением Стьюдента (приложение 2), определяющими уровень значимости оценки: 95%, 99%, 99,9%, принятыми в биологических исследованиях.

В случае превышения полученного значения *td* над табличным разница считается статистически достоверной.

Коэффициент корреляции характеризует взаимозависимость показателей и может изменяться от -1 до +1. Значение *r=0* указывает на возможное отсутствие.

Вопросы для самоподготовки:

1. Какие виды изменчивости наследуются?
2. Каково значение мутационной изменчивости в эволюции и селекции?
3. Какие признаки называются количественными, а какие – качественными?
4. Чем отличается генеральная совокупность от выборочной?
5. Что такое мода и медиана?
6. Что такое уровни вероятности и значимости и что они характеризуют?
7. Какие существуют выборки при статистическом анализе данных?
8. Назовите параметры, характеризующие вариационный ряд, их значение?

Задание 1. Рассчитать среднюю арифметическую ($\overline{X}$), квадратическое отклонение (σ), коэффициент вариации (C_v), ошибка средней арифметической (m) при малых выборках. Задание выполняется по индивидуальным карточкам на ПЭВМ, используя программы «Статистика», «Биолстат».

Методика выполнения

1. Переписать индивидуальное задание в таблицу в виде одного столбика цифр.
2. Найти среднее арифметическое значение признака ($\overline{X}$)в группе по формуле 5:

$$\overline{X}=\frac{\sum x}{n}, \qquad (5)$$

где $\sum$ – знак суммы;
x – значение вариант;
n – число животных.

3. Найти сумму квадратов отклонений каждого варианта от средней арифметической группы – $(x-\overline{X})^2$.
4. Найти среднее квадратическое отклонение (σ) в данной группе по формуле 6:

$$\sigma=\pm\sqrt{\frac{\sum(x-\overline{X})^2}{n-1}}, \qquad (6)$$

где x – значение вариант;
$\overline{X}$ – средняя арифметическая величина;

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

n – число животных в выборке.

5. Найти коэффициент вариации (C_v)по формуле (7):

$$C_v = \frac{\sigma}{\overline{X}} \times 100\%, \qquad (7)$$

где σ – среднее квадратическое отклонение;
$\overline{X}$ – средняя арифметическая величина.

6. Найти ошибку средней арифметической (m) по формуле 8:

$$m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}, \qquad (8)$$

где σ – среднее квадратическое отклонение;
n – число животных в выборке.

Оформить задание в таблицу 11.

Таблица 8 – Расчет основных биометрических показателей

1 группа			2 группа		
варианта	отклонения	квадраты отклонений	варианта	отклонения	квадраты отклонений
x	$x-\overline{X}_1$	$(x-\overline{X}_1)^2$	x	$x-\overline{X}_2$	$(x-\overline{X}_2)^2$
$\sum x$		$\sum(x-\overline{X}_1)^2$	$\sum x$		$\sum(x-\overline{X}_2)^2$

Выводы.

Задание 2. Рассчитать критерий достоверности между средними арифметическими двух выборок по качественным признакам. Сделать вывод о степени различий между сравниваемыми признаками.

Задание выполняется по индивидуальным карточкам на ПЭВМ, используя программы «Статистика», «Биолстат».

Методика выполнения задания:

1. Найти среднюю арифметическую по первому (q_x) признаку по формуле 9:

$$q_x = \frac{n_1}{N} \qquad (9)$$

где n_1 – количество животных с первым признаком;
N – общее количество животных.

2. Найти среднюю арифметическую (p_x) по второму признаку по формуле 10:

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

$$p_x = 1 - q_x \qquad (10)$$

3. Найти среднеквадратическое отклонение для качественных признаков по формуле 11:

$$\sigma = \sqrt{p \times q}\ , \qquad (11)$$

4. Найти ошибку средней арифметической для качественных признаков по формуле 12:

$$m = \sqrt{\frac{p \times q}{n}}\ , \qquad (12)$$

5. Определить достоверность разницы между выборками, рассчитав критерий достоверности по формуле 4 (страница 45).

Полученные данные сравнить со стандартными значениями критерия *td* по таблице Стьюдента (Приложение 2).

ТЕМА 12. ГЕНЕТИКА МИКРООРГАНИЗМОВ

Цель занятия: изучить особенности строения и размножения прокариотических клеток и вирусов, сущность явлений трансформации, трансдукции, конъюгации, как способов обмена генетической информацией у микроорганизмов.

Содержание и методика проведения занятия

Контрольные вопросы:

1. Строение генетического материала у бактерий и вирусов.
2. Размножение вирусов и бактерий.
3. Способы передачи наследственной информации у микроорганизмов.
4. Трансформация.
5. Трансдукция.
6. Конъюгация.

Теоретическая часть

Генетика микроорганизмов – раздел общей генетики, в котором объектом исследования служат бактерии, микроскопические грибы, актинофаги, вирусы животных и растений, бактериофаги и др. микроорганизмы.

Генетика микроорганизмов зародилась в 1940 году, когда Бидл и Тейтум поставили эксперимент по получению и анализу индуцированных мутаций по грибу нейроспора.

Мельчайшие живые частицы – это вирусы, среди которых возбудители таких болезней, как грипп, менингит и т.д. Вирусы - паразиты животных, растений и микроорганизмов. Вирусы различают по структуре, форме и размерам.

Вирусы бактерий называются бактериофаги (пожиратели бактерий). Все фаги делятся на вирулентные и умеренные.

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Строение бактерий. Бактерия имеет химический состав в основном такой же, как и клетки эукариот. Снаружи бактерия покрыта оболочкой, внутри находится цитоплазма, ядерный аппарат, рибосомы и ферменты. У бактерий отсутствуют: митохондрии, аппарат Гольджи и эндоплазматическая сеть. Нет оформленного ядра, имеется ядерный аппарат, который состоит из нуклеоида и плазмиды.

Строение вирусов. Вирус имеет различную форму, в виде палочек, шаров, но в основном они в виде многогранника. Вирус содержит нуклеиновую кислоту, ДНК или РНК, при этом ДНК может быть двухцепочечной или одноцепочечной, также и-РНК может содержать одну или две цепи.

Молекулы ДНК и-РНК вируса могут быть линейными и кольцевыми, они окружены белковой оболочкой – капсидом. Вирусы, которые паразитируют в клетках бактерий, называются бактериофаги. Это простейшие организмы, содержащие в основном ДНК, а вирусы растений – РНК. Бактериофаг состоит из головки с ДНК, хвоста с отростками, снаружи покрыт белковой оболочкой (капсидом). ДНК содержится в головке фага. Размер фага колеблется от 20 до 200 нм. В генетике часто используются фаги Т4 и λ (лямбда).

Вироиды – это вирусоподобные частицы, мельчайшие инфекционные агенты, лишенные даже простейшего белкового чехла (имеющегося у всех вирусов); они состоят только из замкнутой в кольцо одноцепочечной РНК.

Трансформация бактерий – это перенос изолированной ДНК из одних клеток в другие.

Процесс трансформации включает следующие стадии:

1) присоединение двухцепочечной ДНК к рецепторным сайтам на поверхности клетки - реципиента, число которых ограничено; 2) необратимое поглощение ДНК донора; 3) превращение двухцепочечных ДНК в одиночные фрагменты; 4) присоединение одноцепочечных ДНК к хромосоме реципиента; 5) фенотипическое проявление интегрированного гена донора в трансформированной клетке.

Трансдукция – перенос ДНК из одной клетки в другую с помощью бактериофагов. Различают три типа трансдукции: общую (неспецифическую), ограниченную (или специфическую) и абортивную.

Конъюгация – непосредственный контакт между клетками бактерий, сопровождаемый переносом генетического материала из клетки-донора в клетку-реципиента.

Вопросы для самоподготовки:

1. Микроорганизмы как объекты исследования молекулярной генетики.
2. Отличие клетки бактерий от эукариотической клетки.
3. Строение вируса. Где размножаются вирусы?
4. Какие вирусы являются вирулентными, а какие - умеренными?
5. В чем сущность специфической и неспецифической трансдукции?

Задание 1. Составить таблицу основных отличий эукариотической клетки от прокариотической.

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Таблица 9 – Отличие прокариотической клетки от эукариотической

Признаки	Прокариотическая клетка	Эукариотическая клетка
Наличие оформленного ядра		
Наличие кариолеммы		
Генетический аппарат клетки		
Наличие органоидов		
Виды деления клеток		

Задание 2. Составить таблицу по характеристике форм обмена генетической информацией у бактерий и вирусов

Таблица 10 – Характеристика форм обмена генетической информацией у бактерий и вирусов

Показатели	Форма обмена		
	трансформация	трансдукция	конъюгация
У каких организмов имеет место?			
Способ передачи генетической информации			
Перспективы использования при лечении заболеваний, вызываемых мутантными генами			

ТЕМА 13. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Цель занятия: Изучить характер наследования аномалий и методы профилактики их распространения у сельскохозяйственных животных.

Содержание и методика проведения занятия

Контрольные вопросы:

1. Понятие о генетических, наследственно-средовых и экзогенных аномалиях.
2. Учет и регистрация врожденных аномалий.
3. Типы наследования аномалий.
4. Распространение и характер наследования врожденных аномалий у разных видов животных. Методы профилактики распространения аномалий.
5. Селекция на повышение устойчивости сельскохозяйственных животных к болезням.

Теоретическая часть

Генетическая аномалия – наследственно обусловленное отклонение одного или нескольких признаков от нормы, нежелательное с точки зрения здоровья популяции и племенного использования животного.

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Стойкие отклонения организма или его частей от нормального анатомического строения, возникающие в процессе развития, называются уродствами. Наука, изучающая уродства, называется тератологией (греч. *teratos* – чудовище). Причинами уродства могут быть генетические, физические (ионизирующее облучение, температура, травмы и другие), химические (лекарства, соединения мышьяка и свинца) и биологические (вирусы, бактерии и т.д.) факторы.

Генетические аномалии – это нарушения в организме животных, возникающие в результате генных и хромосомных мутаций (гемофилия, атрезия ануса, а также хромосомные болезни и т. д.).

Наследственно-средовые аномалии – это нарушения в организме животных, проявление которых примерно в равной степени зависит от генотипа (эндогенных факторов) и внешней среды (экзогенных факторов). Наследственно-средовые заболевания причиняют наибольший ущерб животноводству, представляя опасность и для человека. Различают бактериальные (мастит, бруцеллез, туберкулез и многие др.), вирусные (ящур, оспа, лейкоз и др.), протозойные болезни (малярия, токсоплазмоз, амебиаз, лямблиоз, трихомониаз и др.), а также различные гельминтозы.

Внутри вида находятся индивидуумы, способные по-разному переносить наследственно-средовые заболевания, одни способны жить с возбудителями болезни, в то время как другие заболевают, т. е. существуют резистентные особи и восприимчивые к каким-либо видам заболеваний.

Экзогенные (средовые) аномалии, или пороки развития, возникают в результате действия на организм факторов внешней среды и являются ненаследственными, или экзогенными.

Тератогенность – способность физических, химических или биологических факторов вызывать нарушения процесса эмбриогенеза, приводящие к возникновению врожденных уродств (аномалий развития) у людей или животных. Действие тератогенных факторов имеет пороговый характер, то есть определенную пороговую дозу тератогенного фактора. Чувствительность к тератогенному воздействию зависит от стадии эмбрионального развития. Максимальная чувствительность к тератогенным факторам у эмбриона приходится на период интенсивной клеточно-тканевой дифференциации и органогенеза. По окончании этого периода неблагоприятные воздействия обычно приводят не к порокам развития, а к недоразвитию или функциональной незрелости органов плода.

Тератогены – вещества и организмы, вызывающие отклонения от нормального развития.

Понятие «дефект» относится не только к грубым морфологическим изменениям в организме, но и ко всем изменениям, ведущим к снижению жизнеспособности и адаптационной способности.

Пороки развития (аномалии развития) – совокупность отклонений от нормального строения организма, возникающих в онтогенезе.

<u>По степени влияния на жизнеспособность наследственные дефекты подразделяются на</u>:

- **летальные**, или смертоносные – вызывают смерть 100% аномальных

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

особей до стадии половой зрелости;

- **полулетальные** (сублетальные) – погибает не менее 50% особей с летальными задатками;

- **субвитальные** – частота смертности аномальных особей ниже 50%.

По причине возникновения аномалии подразделяются на:

- генетические – возникают в результате генных и хромосомных мутаций и приводят к гибели зародышей на разных стадиях или к рождению потомства с тяжелыми пороками;

- **наследственно-средовые** – имеют свой порог проявления в зависимости от совокупности действия мутантных генов и условий среды;

- **экзогенные (средовые) аномалии** – возникают в результате действия на организм факторов внешней среды и являются ненаследственными.

Типы наследования генетических аномалий

Аутосомно-рецессивный тип наследования – аномалию вызывает рецессивный ген, находящийся в аутосомах. Фенотипически гетерозиготы не отличаются от носителей обоих нормальных аллелей. Для клинического проявления болезни патологический ген должен быть в гомозиготном состоянии. От нормальных, но гетерозиготных родителей, вероятность рождения аномального потомства возрастает при родственном спаривании, расщепление по рецессивным признакам соответствует законам Менделя.

Аутосомно-доминантный тип наследования – аномальным является доминантный ген, находящийся в аутосомах. Фенотипически патологическое состояние обнаруживается у гетерозигот. Вероятность рождения аномального потомка, если аномальным является один из родителей, равна 50% и проявляется в равной степени у особей мужского и женского пола. Животные с летальным дефектом не оставляют потомков, постоянно происходит удаление доминантных летальных генов в популяции, которые вновь появляются только в результате мутаций.

Наследование, сцепленное с Х-хромосомой. Гены, определяющие патологические признаки, локализованы в **Х**-хромосоме и имеют свои особенности, которые зависят от того, является признак рецессивным или доминантным. Эффект наблюдается у особей мужского пола, являющихся родственными по материнской линии, если же аномалии подвержены особи женского пола, они ее унаследовали от аномального отца и будут передавать эту аномалию сыновьям.

У сельскохозяйственных животных выявлено более 130 наследственных аномалий и заболеваний, имеющих генетическое происхождение. У крупного рогатого скота изучено много врожденных аномалий, из которых 46 включено в Международный список летальных дефектов под шифром **А**, у свиней –18, у овец известно 90 врожденных аномалий, у лошадей – 10.

В Международный список летальных дефектов включено 45 аномалий у кур, 6 – у индеек и 3 – у уток. У собак выявлено большое разнообразие заболеваний, затрагивающих различные жизненно важные органы и системы. К числу доминантных патологий относятся катаракта, дисплазия бедра, гемофилия,

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

бесшерстность, лимфоотек, микрофтальмия.

Генетический анализ врожденных аномалий:

1) определить происхождение аномальных потомков по племенным записям;
2) определить достоверность происхождения по группам крови и полиморфным белкам;
3) составить родословные на аномальных особей и определить тип спаривания родителей (инбридинг или аутбридинг), установить возможное родство между родителями;
4) определить тип наследования аномалий (моногенный, полигенный, аутосомный, сцепленный с полом, доминантный или рецессивный);
5) изучить кариотип у аномальных потомков и их родителей для обнаружения генных или хромосомных мутаций;
6) сделать анализ генотипов по группам крови, ферментам и белкам для поиска маркерных генов;
7) изучить уровень ферментов у аномальных и нормальных особей для обнаружения фенотипического проявления мутантного гена.

Вопросы для самоподготовки:

1. Понятие о летальных и сублетальных генах.
2. Понятие о генетически-обусловленных, наследственно средовых и экзогенных аномалиях.
3. Как определить тип наследования аномалий?
4. Примеры распространения генетических и наследственно-средовых аномалий у сельскохозяйственных животных.
5. Какие существуют меры профилактики наследственных аномалий?

Задание 1. Составить таблицу генетически обусловленных аномалий у разных видов сельскохозяйственных животных.

Таблица 11 – Генетические аномалии у разных видов сельскохозяйственных животных

Фенотипическое проявление аномалии	Тип наследования	Вид животных

Задание 2. Решение задач на наследование аномалий из сборника.

Например: бык Амор норвежской породы в результате спаривания со своими дочерьми дал 55 телят (бык и дочери имели нормально развитый позвоночник), из которых 11 (бычки и телочки) имели сильно укороченный позвоночник. Все телята с этим дефектом погибли. Как наследуется этот дефект?

Решение. Аномальные телята родились от фенотипически нормальных родителей, следовательно, аномалия обусловлена рецессивным аллелем (а), а нормальный фенотип – доминантным аллелем (А).

Наличие среди аномальных телят бычков и телочек свидетельствует о том,

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

что данная аномалия является аутосомной.

Ген	Признак
А	нормальный позвоночник
а	укороченный позвоночник

нормальный *нормальный*

P: ♀ Аа × ♂ Аа

G: (А) (а) (А) (а)

F_2: АА; Аа; Аа; аа

нормальный *гибель*

Самостоятельное решение задач из сборника.

ТЕМА 14. БОЛЕЗНИ С НАСЛЕДСТВЕННОЙ ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТЬЮ

Цель занятия: изучить болезни с наследственной предрасположенностью. Установить, как наследуются резистентность и восприимчивость.

Содержание и методика проведения занятия

Контрольные вопросы:

1. Методы изучения наследования устойчивости и восприимчивости.
2. Генетическая устойчивость и восприимчивость к бактериальным болезням.
3. Генетическая устойчивость и восприимчивость к гельминтозам.
4. Генетическая устойчивость и восприимчивость к протозоонозам.
5. Генетическая устойчивость и восприимчивость к клещам.
6. Генетическая устойчивость и восприимчивость к вирусным инфекциям.

Теоретическая часть

Удельный вес генетических болезней составляет около 6-8%. Болезни с наследственной предрасположенностью, или наследственно-средовые, возникают под воздействием наследственности и факторов среды (лейкоз, мастит, туберкулез, болезни конечностей и т. д.). Приблизительно они составляют 92% среди всех болезней животных и причиняют огромный экономический ущерб животноводству, а некоторые из них (туберкулез, бруцеллез и др.) представляют опасность и для здоровья человека.

Для этой группы болезней характерны: 1) полифакториальное (обусловленное многими локусами) контролирование устойчивости и восприимчивости; 2) влияние условий среды; 3) непрерывный переход от выраженных форм болезни до нормы, т. е. от восприимчивости до устойчивости; 4) высокая распространенность, незначительные генетические различия между популяциями; 5) большая изменчивость возраста проявления болезни; 6) часто незначитель-

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

ная конкордантность в парах однояйцовых близнецов.

Для болезней с наследственной предрасположенностью характерно полигенное наследование устойчивости и восприимчивости, непрерывный переход от выраженных форм болезни до нормы, достижение порога действия активных аллелей, восприимчивые животные не заболевают, если нет возбудителя болезни.

Механизм, который обеспечивает защиту от наследственно-средовых заболеваний, – **иммунитет**.

Основная задача иммунитета – выявление и уничтожение чужого материала, который проникает в организм в качестве болезнетворных и патогенных микроорганизмов, опасных для жизни. Все защитные реакции организма принято разделять на реакции врожденного и приобретенного иммунитета.

Реакции врожденного иммунитета обусловлены генетически, формируются еще до рождения.

Реакции приобретенного иммунитета требуют созревания основных клеток, вовлеченных в иммунные реакции – лимфоцитов.

Резистентность – это устойчивость организма к болезням.

Восприимчивость – это предрасположенность организма к возникновению болезни.

Вопросы для самоподготовки:

1. Дайте определения основным понятиям: резистентность, восприимчивость, болезнь.
2. Приведите примеры бактериальных заболеваний и гельминтозов.
3. Приведите примеры вирусных инфекций у разных видов сельскохозяйственных животных.
4. Назовите методы изучения резистентности и восприимчивости к болезням.

Задание 1. Составить таблицу по характеристике заболеваний

Таблица 12 – Характеристика заболеваний

Заболевание	Вид, порода	Тип наследования

Задание 2. Решение задач по наследованию болезней.

Примеры решения задач

Задача 1. При разведении собак породы ротвейлер в девяти пометах оказались щенки, больные гемофилией. Всего в этих пометах получено по 4 щенка, в том числе 13 гемофиликов (все самцы). Как наследуется данный дефект? Определите тип наследования аномалии?

Решение. Данный дефект рецессивен (а), так как гемофилики появились от фенотипически здоровых родителей. Проявление заболевания только у самцов свидетельствует о том, что данная аномалия сцеплена с полом. Один из родителей (гомогаметный пол) должен быть гетерозиготным.

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Ген	Признак
А	норма
а	гемофилия

норма *норма*

P: ♀ X^AX^a × ♂ X^AY^-

G X^A X^a X^A Y^-

F_1: $\underbrace{X^AX^A,\ X^AX^a,\ X^AY^-}_{норма}$, X^aY^- *гемофилия*

Самостоятельное решение задач из сборника.

ТЕМА 15. МЕТОДЫ ПРОФИЛАКТИКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ И ПОВЫШЕНИЯ НАСЛЕДСТВЕННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЖИВОТНЫХ К БОЛЕЗНЯМ

Цель занятия: изучить мероприятия по повышению устойчивости животных к болезням.

Содержание и методика проведения занятия

Контрольные вопросы:

1. Профилактика распространения генетических аномалий в популяциях животных.
2. Методы выявления гетерозиготного носительства вредных рецессивных мутаций.
3. Повышение наследственной устойчивости животных к болезням.
4. Непрямая селекция животных на устойчивость к заболеваниям.
5. Перспективы использования трансплантации эмбрионов, генетической инженерии и генокопирования при селекции животных на устойчивость к заболеваниям.

Теоретическая часть

В последние годы во всем мире интенсивно идет поиск у животных и человека генов-маркеров устойчивости к болезням.

Разработан метод повышения частоты генов устойчивости в отсутствие инфекционного фона. Он основан на оценке генотипа производителей в неблагополучных по какой-то инфекции регионах и использовании замороженного семени резистентных быков в популяциях благополучной зоны. Комплексная система оценки генотипа производителей и генофонда семейств должна применяться наряду с существующей оценкой животных по продуктивности и другим признакам.

Если в хозяйстве длительно диагностируются болезни, то проводят оценку

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

генофонда семейств по продуктивности, частоте мертворождений, абортов, легкости отелов, иммунному ответу на ряд антигенов, инфекции ВЛКРС, лейкозу, болезням воспроизводительной системы, маститу, болезням конечностей, желудочно-кишечного тракта, кетозу, родильному парезу, болезням обмена веществ, продуктивному долголетию, устойчивости к инвазионным болезням и т. д.

Традиционные ветеринарные методы лечения, лежащие в основе очищения стад от некоторых заболеваний, дают эффект в основном в тех группах животных, которых подвергали прививкам и у которых выработался пассивный иммунитет. В практической селекции используют два метода. Один из методов основывается на искусственном заражении животных патогенными микроорганизмами. При этом часть животных погибает, а часть остается здоровой. Другой метод основан на использовании зоотехнических и ветеринарных материалов, данных генетического анализа.

Методы повышения наследственной устойчивости

1. Диагностика болезней. Учет и регистрация заболеваний в карточках племенных животных.
2. Массовая селекция и выбраковка больных животных.
3. Выявление показателей отбора, использование генетических и биохимических маркеров устойчивости, которые позволяют вести селекцию без заражения животных.
4. Генеалогический анализ стада. Выявление семейств, устойчивых или восприимчивых к заболеваниям.
5. Планомерный подбор пар с учетом резистентности. Устранение из подбора восприимчивых животных.
6. Отбор молодняка на племя от матерей, резистентных к болезням.
7. Оценка по комплексу признаков производителей и маток по устойчивости к болезням.
8. Использование трансплантации эмбрионов как метода повышения эффективности селекции на устойчивость к болезням.
9. Проведение селекции по поведению. Существует высокая корреляция между типом нервной деятельности и способностью животных к адаптации.
10. Использование методов биотехнологии. Проведение межвидового скрещивания.

Вопросы для самопроверки:

1. Как вести учет врожденных аномалий и болезней?
2. Назовите примеры видовой, породной и индивидуальной устойчивости к болезням.
3. Какие существуют методы генетического анализа для изучения роли наследственности в этиологии аномалий?
4. Как вести селекцию на снижение частоты генетических аномалий?
5. Каковы перспективы использования трансплантации эмбрионов и клонирования генотипов при селекции животных на устойчивость к заболеваниям?

Задание 1. Решение задач по наследованию болезней из сборника.

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ОСНОВНАЯ

1. Бакай, А. В. Генетика : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Зоотехния» / А. В. Бакай, И. И. Кочиш, Г. Г. Скрипниченко. – Москва : КолосС, 2007. – 448 с.
2. Петухов, В. Л. Генетика = Genetics : учебник / В. Л. Петухов, О. С. Короткевич, С. Ж. Стамбеков ; Семипалатинский государственный педагогический институт. – 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск : СемГПИ, 2007. – 628 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

3. Бакуть, С. Б. Молекулярная биология. Молекулярные механизмы хранения, воспроизведения и реализации генетической информации / С. Б. Бакуть, Н. В. Герасимович, А. А. Малютин. – Минск, 2005. – 543 с.
4. Генетика / И. В. Иванов [и др.]. – Москва, 2006. – 376 с.
5. Уильям, С. Основы генетики / С. Уильям, А. Клич, Р. Майкл. – Москва, 2007. – 560 с.
6. Шацкий, А. Д. Генетика с основами биометрии : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности «Зоотехния» / А. Д. Шацкий, М. А. Шацкий. – Минск : ИВЦ Минфина, 2015. – 303 с.

ПРАКТИКУМЫ

7. Песецкая, Л. Н. Сборник задач с решениями по генетике / Л. Н. Песецкая, Г. Г. Гончаренко. – Минск : Сэр-Вит, 2004. – 14 с.
8. Сборник задач для лабораторно-практических занятий по курсу «Генетика» / А. Д. Шацкий [и др.]. – Минск : УМЦ Минсельхозпрода РБ, 2000. – 108 с.
9. Сборник задач по генетике : учебно-методическое пособие для студентов факультетов ветеринарной медицины, биотехнологического и заочного обучения по специальносям: «Ветеринарная фармация», «Зоотехния», «Ветеринарная медицина», «Ветеринарная санитария и экспертиза» / А. В. Вишневец [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2015. – 68 с.

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ ПО ГЕНЕТИКЕ

1. Исследования ученых – предшественников Г. Менделя.
2. Уровни организации наследственного материала.
3. Особенности организации наследственного материала у прокариотов и эукариотов.
4. РНК как генетический материал.
5. Генетическая информация и ее передача.
6. Генетический код и его особенности.
7. Генетика групп крови человека и животных.
8. Теория гена: история разработки и современные проблемы.
9. Концепция «ген – признак» в современной интерпретации.
10. Кроссинговер как механизм рекомбинаций в группе сцепления у эукариотов.
11. Генетические карты хромосом: составление и использование.
12. Генетическое определение пола: современные концепции.
13. Изменчивость и количественные методы ее изучения.
14. Генные мутации: причины и механизмы возникновения.
15. Хромосомные мутации: причины и механизмы возникновения.
16. Геномные мутации: причины и механизмы возникновения.
17. Механизмы репарации мутационных изменений.
18. Теория и практика индуцированного мутагенеза.
19. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости: современная интерпретация и применение.
20. Мутагены среды: характеристика, их влияние на наследственность человека.
21. Генетическая структура панмиктической популяции и влияние на нее мутационного процесса.
22. Характеристика факторов динамики генетической структуры популяции.
23. Генетика и селекция микроорганизмов.
24. Гетерозис как основа нового генетического метода селекции.
25. Генетика бактериальной клетки.
26. Генетика дрозофилы.
27. Молекулярные механизмы генных мутаций.
28. Классики отечественной генетики.
29. Современное понимание гена.
30. Общие и специфические черты процесса оплодотворения у животных.
31. Соотношение полов в природе и проблемы его искусственной регуляции.
32. Множественный аллелизм и наследование.
33. Основные характеристики радиационного и химического мутагенеза.
34. Генетические последствия загрязнения окружающей среды мутагенами.
35. Экогенетика и ее проблемы.
36. Генетика и онтогенез.

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Приложение 1

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД

Первый нуклеотид кодона	***Второй нуклеотид кодона***				Третий нуклеотид кодона
	У	*Ц*	*А*	*Г*	
У	*УУУ*, *УУЦ* — *фенилаланин* *УУА*, *УУГ* — *лейцин*	*УЦУ*, *УЦЦ*, *УЦА*, *УЦГ* — *серин*	*УАУ*, *УАЦ* — *тирозин* *УАА*, *УАГ* — *«стоп»*	*УГУ*, *УГЦ* — *цистеин* *УГА* *«стоп»* *УГГ* *триптофан*	*У* *Ц* *А* *Г*
Ц	*ЦУУ*, *ЦУЦ*, *ЦУА*, *ЦУГ* — *лейцин*	*ЦЦУ*, *ЦЦЦ*, *ЦЦА*, *ЦЦГ* — *пролин*	*ЦАУ*, *ЦАЦ* — *гистидин* *ЦАА*, *ЦАГ* — *глутамин*	*ЦГУ*, *ЦГЦ*, *ЦГА*, *ЦГГ* — *аргинин*	*У* *Ц* *А* *Г*
А	*АУУ*, *АУЦ*, *АУА* — *изолейцин* *АУГ* *метионин* *«начало»*	*АЦУ*, *АЦЦ*, *АЦА*, *АЦГ* — *треонин*	*ААУ*, *ААЦ* — *аспарагин* *ААА*, *ААГ* — *лизин*	*АГУ*, *АГЦ* — *серин* *АГА*, *АГГ* — *аргинин*	*У* *Ц* *А* *Г*
Г	*ГУУ*, *ГУЦ*, *ГУА*, *ГУГ* — *валин*	*ГЦУ*, *ГЦЦ*, *ГЦА*, *ГЦГ* — *аланин*	*ГАУ*, *ГАЦ* — *аспарагиновая кислота* *ГАА*, *ГАГ* — *глутаминовая кислота*	*ГГУ*, *ГГЦ*, *ГГА*, *ГГГ* — *глицин*	*У* *Ц* *А* *Г*

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Приложение 2

Стандартные значения критерия t для малых выборок
(по Стьюденту)

Число степеней свободы	Вероятность (p)				
	0,90	0,95	0,98	0,99	0,999
1	6,31	12,7	31,82	63,66	-
2	2,92	4,30	6,97	9,93	31,60
3	2,35	3,18	4,54	5,84	12,94
4	2,13	2,78	3,75	4,60	8,61
5	2,02	2,57	3,37	4,03	6,86
6	1,94	2,45	3,14	3,71	5,96
7	1,90	2,37	3,00	3,50	5,41
8	1,86	2,31	2,90	3,36	5,04
9	1,83	2,26	2,82	3,25	4,78
10	1,81	2,23	2,76	3,17	4,59
11	1,80	2,20	2,72	3,11	4,44
12	1,78	2,18	2,68	3,06	4,32
13	1,77	2,16	2,65	3,01	4,22
14	1,76	2,15	2,62	2,98	4,14
15	1,75	2,13	2,60	2,95	4,07
16	1,75	2,12	2,58	2,92	4,02
17	1,74	2,11	2,57	2,90	3,97
18	1,73	2,10	2,55	2,88	3,92
19	1,73	2,09	2,54	2,86	3,88
20	1,73	2,09	2,53	2,85	3,85
21	1,72	2,08	2,52	2,83	3,82
22	1,72	2,07	2,51	2,82	3,79
23	1,71	2,07	2,50	2,81	3,77
24	1,71	2,06	2,49	2,80	3,75
25	1,71	2,06	2,49	2,79	3,73
26	1,71	2,06	2,48	2,78	3,71
27	1,70	2,05	2,47	2,77	3,69
28	1,70	2,05	2,47	2,76	3,67
29	1,70	2,05	2,46	2,75	3,66
30	1,70	2,04	2,46	2,75	3,65
∞	1,64	1,96	2,33	2,58	3,29

РЕПОЗИТОРИЙ УОВГАВМ

КАФЕДРА ГЕНЕТИКИ И РАЗВЕДЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХЖИВОТНЫХ ИМ. О.А. ИВАНОВОЙ

В 1933 году с открытием зоотехнического факультета была организована кафедра разведения, генетики и частной зоотехнии, которую возглавил доцент Ф.А. Павлов. В 1934 году кафедра была разделена на две самостоятельные кафедры: разведения и генетики сельскохозяйственных животных и кафедру частной зоотехнии. С 1934 по 1936 год заведующим кафедрой был профессор А.В. Бурцев, а затем - доцент Б.П. Игнатьев (1937-1938 гг.). После восстановления зоотехнического факультета с 1950 по 1952 год кафедрой руководил доцент А.А. Сильяндер. В период с 1953 по 1974 год кафедрой заведовала профессор, Заслуженный деятель науки БССР, выдающийся генетик и селекционер О.А. Иванова. Под ее руководством выполнено и защищено 2 докторские и 19 кандидатских диссертаций. В разные годы кафедрой руководили доцент А.С. Гурьянова (1974-1985 гг.), доцент В.В. Пилько (1985-2000 гг.), доцент В.К. Смунёва (2000-2007 гг.), доцент М.В. Красюк (2007-2008 гг.).

С февраля 2009 года и по настоящее время кафедрой руководиткандидат сельскохозяйственных наук, доцент А.В. Вишневец.На кафедре работаютдоценты В.К. Смунёва (с 1988 г.), С.Е. Базылев (с 1991 г.), В.Ф. Соболева (с 1991 г.), Т.В. Видасова (с 1999 г.), А.В. Коробко (с 2002 г.), Т.Н. Данильчук (с 2005 г.), С.Л. Карпеня (с 2008 г.), В.В. Скобелев (с 2000 г.); О.А.Яцына (с 2007 г.); Т.В. Павлова (с 2017 г.), старший преподаватель К.А. Моисеев (с 2017 г.); ассистент Е.Е. Соглаева (с 2011 г.); лаборанты О.Л. Будревич (с 2005 г.), М.Н. Виноградова (с 2016 г.).

Научно-исследовательская работа проводится по совершенствованию селекционных процессов с использованием инновационных методов дляповышения племенных и продуктивных качеств животных, разработке научно-теоретической основ создания высокопродуктивных селекционных молочных стад крупного рогатого скота, использованию генов-маркеров для прогнозирующего отбора и повышения эффективности селекционно-племенной работы в молочном скотоводстве, ДНК-диагностике наследственных заболеваний крупного рогатого скота.

Преподаватели кафедры являются соавторами 9 учебников и учебных пособий, опубликовано более 1000 научных работ. Постоянно ведется научно-исследовательская работа студентов, которые выступают с докладами на студенческих научных конференциях и ежегодно по материалам исследований защищают 45-50 дипломных работ, из них не менее двух представляется на республиканский конкурс студенческих работ. При кафедре имеется магистратура и аспирантура.

Сотрудники кафедры постоянно оказывают практическую и консультативную помощь производству, читают лекции на ФПКиПК для директоров райплемстанций, главных зоотехников, зоотехников-селекционеров из всех областей Республики Беларусь.

По всем интересующим вопросам обращаться
по тел: 8 (0212) 51-65-07

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «ВИТЕБСКАЯ ОРДЕНА «ЗНАК ПОЧЕТА» ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ»

Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины является старейшим учебным заведением в Республике Беларусь, ведущим подготовку врачей ветеринарной медицины, ветеринарно-санитарных врачей, провизоров ветеринарной медицины и зооинженеров.

Вуз представляет собой академический городок, расположенный в центре города на 17 гектарах земли, включающий в себя единый архитектурный комплекс учебных корпусов, клиник, научных лабораторий, библиотеки, студенческих общежитий, спортивного комплекса, Дома культуры, столовой и кафе, профилактория для оздоровления студентов. В составе академии 4 факультета: ветеринарной медицины; биотехнологический; повышения квалификации и переподготовки кадров агропромышленного комплекса; международных связей, профориентации и довузовской подготовки. В ее структуру также входят Аграрный колледж УО ВГАВМ (п. Лужесно, Витебский район), филиалы в г. Речице Гомельской области и в г. Пинске Брестской области, первый в системе аграрного образования НИИ прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии (НИИ ПВМ и Б).

В настоящее время в академии обучается более 4 тысяч студентов, как из Республики Беларусь, так и из стран ближнего и дальнего зарубежья. Учебный процесс обеспечивают около 330 преподавателей. Среди них 170 кандидатов, 27 докторов наук, 135 доцентов и 22 профессора.

Помимо того, академия ведет подготовку научно-педагогических кадров высшей квалификации (кандидатов и докторов наук), переподготовку и повышение квалификации руководящих кадров и специалистов агропромышленного комплекса, преподавателей средних специальных сельскохозяйственных учебных заведений.

Научные изыскания и разработки выполняются учеными академии на базе Научно-исследовательского института прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии. В его состав входит 2 отдела: научно-исследовательских экспертиз (с лабораторией биотехнологии и лабораторией контроля качества кормов); научно-консультативный.

Располагая современной исследовательской базой, научно-исследовательский институт выполняет широкий спектр фундаментальных и прикладных исследований, осуществляет анализ всех видов биологического материала и ветеринарных препаратов, кормов и кормовых добавок, что позволяет с помощью самых современных методов выполнять государственные тематики и заказы, а также на более высоком качественном уровне оказывать услуги предприятиям агропромышленного комплекса. Активное выполнение научных исследований позволило получить сертификат об аккредитации академии Национальной академией наук Беларуси и Государственным комитетом по науке и технологиям Республики Беларусь в качестве научной организации. Для проведения данных исследований отдел научно-исследовательских экспертиз аккредитован в Национальной системе аккредитации в соответствии с требованиями стандарта СТБ ИСО/МЭК 17025.

Обладая большим интеллектуальным потенциалом, уникальной учебной и лабораторной базой, вуз готовит специалистов в соответствии с европейскими стандартами, является ведущим высшим учебным заведением в отрасли и имеет сертифицированную систему менеджмента качества, соответствующую требованиям ISO 9001 в национальной системе (СТБ ISO 9001 – 2015).

www.vsavm.by
210026, Республика Беларусь, г. Витебск, ул. 1-я Доватора, 7/11, факс (0212) 51-68-38,
тел. 53-80-61 (факультет довузовской подготовки, профориентации и маркетинга);
51-69-47 (НИИ ПВМ и Б); E-mail: vsavmpriem@mail.ru

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

Учебное издание

Карпеня Снежанна Леонидовна,
Яцына Ольга Алексеевна,
Данильчук Татьяна Николаевна и др.

ГЕНЕТИКА

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск С. Л. Карпеня
Технический редактор Е. А. Алисейко
Компьютерный набор О. Л. Будревич
Компьютерная верстка Т. А. Драбо
Корректоры Т. А. Драбо
Е. В. Морозова

Подписано в печать 27.09.2019. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 4,25. Уч.-изд. л. 3,11. Тираж 150 экз. Заказ 1975.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета»
государственная академия ветеринарной медицины».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/ 362 от 13.06.2014.
ЛП №: 02330/470 от 01.10.2014 г.
Ул. 1-я Доватора, 7/11, 210026, г. Витебск.
Тел.: (0212) 51-75-71.
E-mail: rio_vsavm@tut.by
http://www.vsavm.by

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ

РЕПОЗИТОРИЙ УО ВГАВМ