

Министерство сельского хозяйства и продовольствия
Республики Беларусь

Учреждение образования
«Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия
ветеринарной медицины»

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
ПО ГЕНЕТИКЕ С ОСНОВАМИ БИОМЕТРИИ**

Учебно-методическое пособие для студентов факультета заочного
обучения по специальности 1 – 74 03 01 «Зоотехния»

Витебск
ВГАВМ
2016

УДК 636.082(07)
ББК 45.31
М 69

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом
УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная
академия ветеринарной медицины»
от 13.01.2016 г. (протокол № 1)

Авторы:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *А. В. Вишневец*,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *В. Ф. Соболева*,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Т. В. Видасова*,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Т. Н. Данильчук*

Рецензенты:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *В. В. Букас*; кандидат
сельскохозяйственных наук, доцент *О. В. Заяц*

**Методические указания для практических занятий по генетике
М69 с основами биометрии** : учеб. – метод. пособие для студентов
факультета заочного обучения по специальности 1 – 74 03 01
«Зоотехния» / А. В. Вишневец [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2016. – 44 с.
ISBN 978-985-512-896-1.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с учебной программой по дисциплине «Генетика с основами биометрии» для студентов факультета заочного обучения по специальности 1 – 74 03 01 «Зоотехния». Содержит сведения о теоретических основах генетики и биометрии, а также методики выполнения практических занятий по конкретным темам.

УДК 636.082(07)
ББК 45.31

ISBN 978-985-512-896-1

© УО «Витебская ордена «Знак Почета»
государственная академия ветеринарной
медицины», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	4
Тема 1. Построение вариационного ряда. Определение основных показателей для больших и малых выборок. Определение точности оценки статистических показателей....	5
Тема 2. Закономерности наследования признаков при половом размножении и взаимодействии неаллельных генов.....	12
Тема 3. Хромосомная теория наследственности.....	19
Тема 4. Генетика пола.....	21
Тема 5. Молекулярные основы наследственности.....	23
Тема 6. Мутационная изменчивость организмов.....	27
Тема 7. Наследственный полиморфизм белков и антигенов эритроцитов. Генетическая экспертиза происхождения животных.....	30
Тема 8. Генетические процессы в популяциях.....	35
Литература.....	38
Приложение 1.....	39
Приложение 2.....	40

ВВЕДЕНИЕ

Изучение дисциплины «Генетика с основами биометрии» позволяет будущим специалистам приобрести знания о молекулярных основах наследственности и изменчивости, закономерностях наследования признаков, методах биометрической обработки первичных данных и научить решать теоретические, практические вопросы, связанные с селекцией организмов в животноводстве.

Учебно-методическое пособие «Практические занятия по генетике с основами биометрии» поможет студентам изучить:

- основные методы, используемые при изучении наследственности и изменчивости;
- цитологические и молекулярные основы наследственности, закономерности наследования признаков при половом размножении;
- хромосомную теорию наследственности, сцепленное с полом наследование признаков;
- генетические основы индивидуального развития;
- иммуногенетический и биохимический полиморфизм белков, методы профилактики наследственных болезней и аномалий;
- генетические процессы в популяции, теории, объясняющие явление гетерозиса и инбредной депрессии, характер наследования хозяйственно-полезных признаков;
- методы биометрической обработки и анализа данных экспериментальных исследований, зоотехнического учета.

На практических занятиях студенты научатся:

- определять характер наследования признаков при моно- и дигибридном скрещивании, при взаимодействии неаллельных генов и решать задачи по этим разделам;
- производить моделирование синтеза ДНК, РНК и белка;
- использовать на практике данные по иммуногенетике и биохимическому полиморфизму для генетической экспертизы происхождения животных;
- использовать формулу Харди-Вайнберга для установления процессов, происходящих в популяции, определять степень инбридинга животных;
- использовать методы биометрии для обработки экспериментальных и статистических данных.

По учебному плану на изучение дисциплины отводится 26 часов аудиторных занятий, из них лекций – 10 часов, лабораторно-практических занятий – 16 часов.

Тема 1. ПОСТРОЕНИЕ ВАРИАЦИОННОГО РЯДА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ БОЛЬШИХ И МАЛЫХ ВЫБОРОК. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОЦЕНКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Цель занятия: изучить метод построения вариационного ряда и определения основных показателей варьирующего признака. Установить достоверность разности между средними арифметическими двух групп.

Содержание и методика проведения занятия

Контрольные вопросы:

1. Классификация признаков (количественные и качественные). Генеральная и выборочная совокупности, формы учета результатов наблюдений.
2. Понятие вариационного ряда и свойства основных показателей вариационного ряда (\bar{X} , m , δ , C_v).
3. Малые выборки.
4. Средние величины и их свойства.
5. Достоверность различий между двумя выборками. Три порога вероятности безошибочного прогноза.

Основные понятия:

Предмет биометрии – группа биологических объектов.

Объект биометрии – варьирующий признак, учтенный в группе особей, имеющей достаточную численность и однородной по ряду других основных признаков.

Совокупность – группа особей, в пределах которой изучается варьирующий признак.

Объем совокупности – число единиц, входящих в совокупность, обозначается буквой n , до 30 особей – малая выборка, свыше 30 – большая.

Варианта (x) – величина изучаемого признака у объекта совокупности.

Изменчивость (вариация) – различия между отдельными вариантами.

Генеральная совокупность – группа животных, составляющих вид, породу.

Выборочная совокупность (выборка) (n) – часть генеральной совокупности.

Репрезентативность – достоверное отражение структуры генеральной совокупности, которое достигается принципом случайной выборки.

Рендоминизация – метод случайного отбора, когда имеется равная возможность у любого члена совокупности попасть в выборку. Каждый член выборки должен быть отобран случайно.

Вариационный ряд – распределение объектов совокупности по классам в соответствии с величиной признака.

Задание 1. Построить вариационный ряд по материалам индивидуального задания.

Методика выполнения:

1. Из всей выборки найти максимальную (*lim max*) и минимальную (*lim min*) величины, определить разность между ними, рассчитать число классов, которое зависит от объема выборки:

Число вариант	25-40	40-60	60-100	100-200
Число классов	5-6	6-8	7-10	8-12

2. Найти классный промежуток (*k*) путем деления разности на предполагаемое число классов (формула 1):

$$k = \frac{\text{max} - \text{min}}{\text{число классов}}, \quad (1)$$

где max – максимальная величина признака;
min – минимальное значение признака.

Например: $k = \frac{6180\text{кг} - 3116\text{кг}}{8} = 383\text{кг}.$

Полученное число (383) округляют до целого (*k* = 400).

3. Установить число классов, которое будет использовано при построении вариационного ряда, путем деления разности на классный промежуток.

4. Установить начало классов. Для этого к минимальному значению признака (округленному в меньшую сторону) прибавляют классный промежуток, затем к каждому последующему классу прибавляют классный промежуток, пока не включится максимальное значение признака.

Так строят классы до тех пор, пока в последний класс сможет попасть животное с максимальной величиной признака. Нижнюю границу каждого класса, начиная со второго, уменьшают на величину, равную точности измерения признака.

5. Последовательно разнести варианты по классам по системе конверта:

• – один; •• – два; ••• – три; •••• – четыре; ┌───┐ – пять; ┌───┐ – шесть;

┌───┐ – семь; ┌───┐ – восемь; ┌───┐ – девять; ┌───┐ – десять и тд.

6. Выбрать модальный класс, в котором находится наибольшее число вариантов, и найти условную среднюю величину. Чтобы найти условную среднюю, надо к началу модального класса прибавить половину классного промежутка.

7. Рассчитать основные показатели вариационного ряда по формулам (таблица 1).

Таблица 1 – Вариационный ряд

Классы	Разноска	Частоты, f	Отклонения, a	fa	fa^2
3100-3499					
3500-3899					
3900-4299					
4300-4699 и т.д.					
		$\sum n$		$\sum fa$	$\sum fa^2$

Основные понятия:

к показателям вариационного ряда относятся:

1) **средняя арифметическая** (\bar{X}) – показывает среднюю величину признака в группе; показывает, какое значение признака наиболее характерно в целом для данной совокупности. Она используется для сравнения пород, стад, линий, семейств и т. д. по какому-либо признаку;

2) **среднее квадратическое отклонение** (δ) – показывает в каких пределах каждый член совокупности отклоняется от среднего арифметического. Чем больше сигма, тем больше изменчивость данного признака;

3) **ошибка средней арифметической** (m) – показывает в каких пределах средняя арифметическая в данной выборке отклоняется от средней арифметической генеральной совокупности;

4) **коэффициент вариации** (Cv) – среднее квадратическое отклонение, выраженное в процентах от средней арифметической, используется при сравнении разных признаков, чтобы показать, изменчивость какого признака выше;

к средним величинам относятся:

1) **средняя взвешенная** ($M_{взв.}$) – для вычисления среднего процента жира за лактацию;

2) **средняя геометрическая** (G) – используется для изучения среднего прироста живой массы, увеличения численности стада и т. д. за определенный период;

3) **средняя гармоническая** (H) – используется для вычисления среднего уровня признака, характеризующего скорость какого-либо процесса;

4) **мода** (Mo) – наиболее часто встречающаяся варианта в совокупности;

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

Задание 2. Вычислить основные показатели варьирующего признака.

Методика выполнения:

1. В колонке, обозначенной буквой f , ставится число животных в каждом классе.
2. Определить класс условной средней (A). Это класс в середине вариационного ряда или близкий к нему, но с максимальным числом животных. Его обознача-

ют 0 (нуль). Ставят это значение в колонке a , (a – отклонение от условной средней). Верхние от нуля классы нумеруют по порядку от 1 и выше с отрицательным знаком, вниз – от 1 и ниже с положительным знаком.

A – среднее значение нулевого класса (начало класса плюс половина классного промежутка).

3. Найти значение произведений fa в каждом классе.

4. Найти сумму произведений – $\sum fa$ с учетом знака + или – (колонка обозначена fa).

5. В колонке, обозначенной fa^2 , найти по каждому классу произведение fa на a .

6. Найти сумму произведений – $\sum fa^2$.

7. Найти значение средней арифметической, пользуясь формулой 2:

$$\bar{X} = A + \frac{\sum fa}{n} \times k, \quad (2)$$

где \bar{X} – средняя арифметическая величина;

A – условный средний класс;

$\sum fa$ – сумма произведений числа животных в каждом классе и отклонений от условного среднего класса;

n – число животных в выборке;

k – классный промежуток.

8. Определить среднее квадратическое отклонение по формуле 3:

$$\delta = \pm \sqrt{\frac{\sum fa^2}{n} - \left(\frac{\sum fa}{n}\right)^2 \times k}, \quad (3)$$

где δ – среднее квадратическое отклонение;

$\sum fa^2$ – сумма произведений числа животных в каждом классе и квадрат отклонений от условного среднего класса;

$\sum fa$ – сумма произведений числа животных в каждом классе и отклонений от условного среднего класса;

n – число животных в выборке;

k – классный промежуток.

9. Определить коэффициент вариации (Cv) по формуле 4:

$$Cv = \frac{\delta}{\bar{X}} 100\%, \quad (4)$$

где δ – среднее квадратическое отклонение;

\bar{X} – средняя арифметическая величина.

10. Определить ошибку средней арифметической по формуле 5:

$$m = \pm \frac{\delta}{\sqrt{n}}, \quad (5)$$

где m – ошибка средней арифметической величины;
 δ – среднее квадратическое отклонение;
 n – число животных в выборке.

Задание 3. Рассчитать среднюю арифметическую (\bar{X}), среднее квадратическое отклонение (δ), ошибку средней арифметической (m) и коэффициент вариации (Cv) для малых выборок по индивидуальным заданиям.

Методика выполнения:

1. Переписать индивидуальное задание в таблицу в виде одного столбика цифр.
2. Найти среднее арифметическое значение признака в группе по формуле 6:

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}, \quad (6)$$

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

3. Найти сумму квадратов отклонений каждого варианта от средней арифметической группы – $(x - \bar{X})^2$.
4. Найти среднее квадратическое отклонение в данной группе по формуле 7:

$$\delta = \pm \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{X})^2}{n - 1}}, \quad (7)$$

где δ – среднее квадратическое отклонение;
 x – значение вариант;
 \bar{X} – средняя арифметическая величина;
 n – число животных в выборке.

5. Найти коэффициент вариации по формуле 4.
6. Найти ошибку средней арифметической по формуле 8:

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

где m – ошибка средней арифметической величины;
 δ – среднее квадратическое отклонение;
 n – число животных в выборке.

Оформление задания:

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

$$\bar{X}_1 =$$

$$\delta =$$

$$cv =$$

$$m =$$

$$\bar{X}_2 =$$

$$\delta =$$

$$cv =$$

$$m =$$

Задание 4. Определить крайние значения признака, пользуясь правилом «плюс-минус три сигмы».

Вся изменчивость признака лежит от средней арифметической в пределах $\pm 3\delta$ ($\bar{X} \pm 3\delta$). В эти границы входит 99,7 % всех особей. Средняя арифметическая, увеличенная или уменьшенная на три сигмы, дает крайние значения признака (*lim min* и *lim max*).

Методика выполнения:

Используя данные, рассчитанные при выполнении задания 2 из темы 1, рассчитать крайние значения признака при нормальном распределении вариантов (формулы 9, 10):

$$\text{max} = \bar{X} + 3\delta, \quad (9)$$

$$\text{min} = \bar{X} - 3\delta, \quad (10)$$

где \bar{X} – средняя арифметическая величина;
 δ – среднее квадратическое отклонение.

Основные понятия:

Вероятность – возможность считать данные, полученные в выборке, достоверными.

Значимость – уровень риска и ошибки.

При вероятности $P = 0,95$ уровень значимости $p = 0,05$,

При вероятности $P = 0,99$ уровень значимости $p = 0,01$,

При вероятности $P = 0,999$ уровень значимости $p = 0,001$.

Число степеней свободы – это число наблюдений, уменьшенное на число ограничений: $n-1$; $n-l$ и т. д.

Задание 5. Рассчитать критерий достоверности (*td*) для количественных признаков и определить, достоверна ли разность между средними арифметическими двух выборок по индивидуальным заданиям.

Методика выполнения:

1. Определить средние арифметические (\bar{X}) по каждой из двух выборок.
2. Найти разность между двумя средними арифметическими по формуле 11:

$$d = \bar{X}_1 - \bar{X}_2, \quad (11)$$

где \bar{X}_1 – средняя арифметическая величина, имеющая большее значение;
 \bar{X}_2 – средняя арифметическая величина, имеющая меньшее значение.

3. Определить среднюю ошибку разности двух выборок (формула 12):

$$md = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}, \quad (12)$$

где m_1 – ошибка средней арифметической первой выборки;
 m_2 – ошибка средней арифметической второй выборки.

4. Рассчитать критерий достоверности по формуле 13 или 14:

$$td = \frac{d}{md}, \quad (13)$$

$$td = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}. \quad (14)$$

5. Эмпирический критерий Стьюдента (*td*) сравнить со стандартными значениями критерия t_{st} (приложение 1), с учетом степеней свободы ($v=n_1+n_2-2$).

При сравнении больших выборок, если $td < 1,96$ – разница недостоверна, если $td > 1,96$, но $< 2,58$ – разница достоверна при $P > 0,95$, если $td > 2,58$ – то разница достоверна при $P > 0,99$, и при $td > 3,29$ – разность очень высокодостоверна при $P > 0,999$ (99,9 %).

Тема 2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ПРИ ПОЛОВОМ РАЗМНОЖЕНИИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИИ НЕАЛЛЕЛЬНЫХ ГЕНОВ

Цель занятия: ознакомиться с основными понятиями и терминами генетики, основными типами взаимодействия генов, разными типами доминирования, анализирующим скрещиванием и летальными генами, научиться решать задачи на моногибридное, дигибридное и полигибридное скрещивание.

Содержание и методика проведения занятия

Контрольные вопросы:

1. Особенности гибридологического метода Г. Менделя.
2. Дать определения терминам: генотип, фенотип, доминантность, рецессивность, аллель, моно- и дигибридное скрещивание, гомозиготность и гетерозиготность.
3. Закон единообразия гибридов первого поколения.
4. Закон расщепления.
5. Типы доминирования.
6. Правило чистоты гамет и анализирующее скрещивание.
7. Летальные гены и их наследование.
8. Закон независимого наследования признаков.
9. Новообразование, характер взаимодействия и расщепление во втором поколении.
10. Эпистаз, виды эпистаза, характер взаимодействия и расщепление во втором поколении.
11. Комплементарность, характер взаимодействия и расщепление во втором поколении.
12. Полимерия, характер взаимодействия и расщепление во втором поколении.

Основные понятия:

Моногибридным называется такой тип скрещивания, при котором родительские формы различаются по одной паре альтернативных признаков.

При изучении наследования признаков составляются схемы скрещивания, скрещивание обозначают знаком умножения (\times), 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 *fili* – дети), **F₁** – гибрид первого поколения, **F₂** – гибрид второго поколения, **F₃** – гибрид третьего поколения и т. д.

Ген – наследственный задаток.

Генотип – совокупность наследственных задатков (генов) организма.

Фенотип – совокупность всех признаков и свойств организма, доступных наблюдению и анализу.

Гомозиготными (AA и aa) называют особей, получивших от отца и матери одинаковые наследственные задатки (гены) по какому-то конкретному признаку.

Гетерозиготными (Aa) называют особей, получивших от отца и матери разные гены.

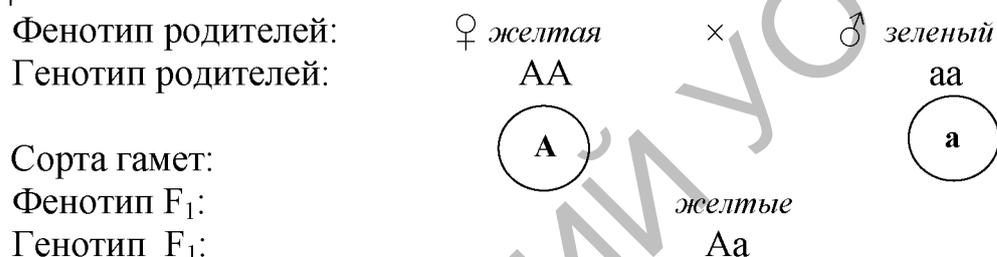
Доминантный признак – признак, проявившийся у гибридов первого поколения.

Рецессивный признак – признак, оставшийся у гибрида скрытым.

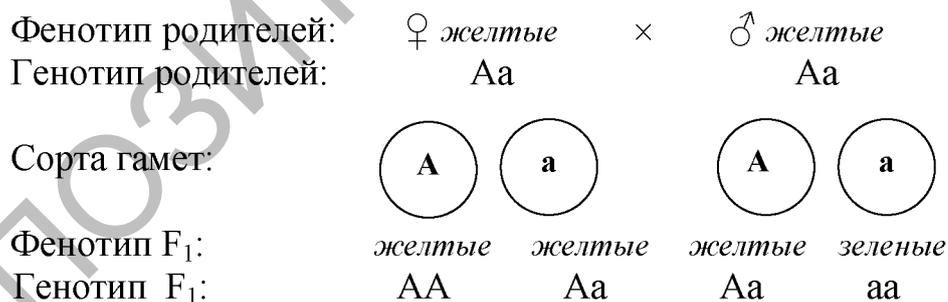
Аллели (аллельные гены) – гены альтернативных признаков, расположенные в одинаковых точках (локусах) парных гомологичных хромосом.

Закон единообразия гибридов первого поколения: при скрещивании гомозиготных родительских форм, различающихся по своим признакам, первое поколение получается единообразным по фенотипу и генотипу.

Ген	Признак
A	желтый
a	зеленый



Закон расщепления: во втором поколении моногибридного скрещивания наблюдается расщепление по фенотипу в соотношении 3 : 1 и по генотипу 1 : 2 : 1. Одна часть особей гомозиготных по доминантному признаку, две части гетерозиготных и одна часть гомозиготных по рецессивному признаку.



Типы доминирования:

1) **полное доминирование** – когда один аллель полностью подавляет действие другого, проявляется признак родителя с доминантным признаком;

2) **неполное доминирование** – когда при скрещивании признак уклоняется в сторону родителя с доминирующим признаком;

3) **промежуточное доминирование** – потомство в первом поколении сохраняет единообразие, но оно непохоже полностью ни на одного из родителей, как это было при полном доминировании, а обладает признаком промежуточного характера;

4) **кодоминирование** – когда у потомка проявляются оба родительских признака в равной степени. По типу кодоминирования наследуется большинство антигенных факторов систем групп крови, разные типы белков и ферментов у животных и человека;

5) **сверхдоминирование** – когда у потомков первого поколения проявляется гетерозис – явление превосходства потомства над родительскими формами по жизнеспособности, плодовитости и продуктивности.

Анализирующее скрещивание – скрещивание с рецессивной родительской формой (*aa*). Используется при гибридологическом анализе, когда нужно установить генотип интересующей нас особи.

Правило чистоты гамет: у гетерозиготной особи гены не смешиваются друг с другом, а передаются в половые клетки в «чистом» (неизменном) виде.

Летальные гены – гены, которые вызывают нарушения в развитии организма, что приводит его к гибели или уродству.

Методика решения задач на моногибридное скрещивание

При решении задачи, на основании ее условия, заполняется решетка с указанием признаков и генов, их обуславливающих.

Например:

Ген	Признак
A	комолый
a	рогатый

Затем составляется схема скрещивания с указанием генотипов и фенотипов родителей и потомков.

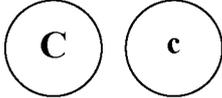
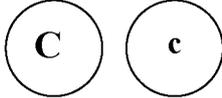
Фенотип родителей:	♀ <i>комолая</i>	×	♂ <i>рогатый</i>
Генотип родителей:	AA		aa
Сорта гамет:	⊙ A		⊙ a
Фенотип F ₁ :		<i>комолые</i>	
Генотип F ₁ :		Aa	

Потомство (F₁) по фенотипу комолое, по генотипу – гетерозиготное. Родитель с доминантным признаком может быть гетерозиготным (*Aa*), тогда у него образуется 2 сорта гамет (*A* и *a*) и два типа потомков (*Aa* и *aa*).

При решении задач по наследованию летальных генов надо иметь в виду, что в большинстве случаев летальные гены рецессивны и их действие обнаруживается при переходе в гомозиготное состояние, главным образом, при родственном спаривании.

Например:

Ген	Признак
C	серая масть у каракульских овец (летальный ген)
c	черная масть

Фенотип родителей:	♀ <i>серая</i>	×	♂ <i>серый</i>
Генотип родителей:	Cc		Cc
Сорта гамет:			
Фенотип F ₁ :	<i>погибает</i>	<i>серые</i>	<i>серые</i> <i>черные</i>
Генотип F ₁ :	CC	Cc	Cc cc

Ген серой масти у овец является доминантным, и гомозиготное по серой масти (CC) потомство погибает при переходе на грубый корм. Чтобы избежать гибели ягнят, надо серых овец (Cc) скрещивать с черными баранами.

Таким же образом наследуется платиновая окраска у лисиц, распределение чешуи у линейных карпов и т. д.

Задание 1. Решить задачу при скрещивании родительских форм при полном доминировании (сборник задач).

Задание 2. Решить задачу при скрещивании родительских форм при промежуточном наследовании (сборник задач).

Задание 3. Решить задачу при применении анализирующего скрещивания (сборник задач).

Основные понятия:

Дигибридным называется такое скрещивание, в котором участвуют особи, различающиеся по двум парам альтернативных признаков.

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 в определенных числовых сочетаниях по генотипу и фенотипу.

Полигибридным скрещиванием называется такое скрещивание, в котором участвуют особи, различающиеся по нескольким парам признаков.

Иногда на формирование признака влияют две или несколько пар неаллельных генов. Проявление признака в этом случае зависит от характера их взаимодействия в процессе развития организма и соотношение фенотипов во втором поколении будет иным. Наблюдаются следующие типы взаимодействия генов: *комплементарность, новообразование, эпистаз, полимерия.*

Методика решения задач на дигибридное скрещивание

Задача. У свиней ген белой окраски доминирует над аллелем черной окраски; ген длинных ушей доминирует над аллелем коротких ушей. Белая короткоухая свинья скрещена с черным длинноухим хряком. Определить фенотип и генотип гибридов F_1 и F_2 , если родители гомозиготны по обоим признакам.

Ген	Признак
A	белая окраска
a	черная
B	длинные уши
b	короткие

Фенотип родителей: ♀ черная длинноухая × ♂ белый короткоухий

Генотип родителей: aaBB AAbb

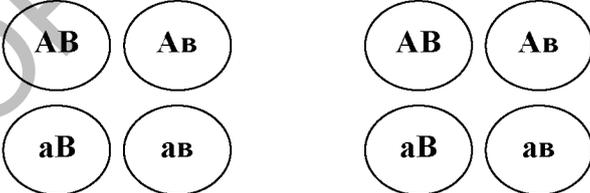
Сорта гамет: 

Фенотип F_1 : белые длинноухие

Генотип F_1 : AaBb

Фенотип родителей: ♀ белая длинноухая × ♂ белый длинноухий

Генотип родителей: AaBb AaBb

Сорта гамет: 

В данном случае, одна пара признаков характеризует окраску (белая или черная), другая пара – длинные или короткие уши. Ген доминантного признака белой окраски обозначен буквой «A», а аллельный ген рецессивной черной окраски буквой «a», ген доминирующий длинных ушей обозначен буквой «B», ген коротких ушей – «b». Аллельные гены этих признаков находятся в разных парах хромосом. По указанным парам признаков родители могут быть гомозиготны (AABB, Aabb, aaBB) или гетерозиготны по одной или двум парам признаков (AaBb, AaBB, aaBb).

В период образования половых клеток при мейозе из каждой пары гомологичных хромосом в гамету придет только одна.

Для определения результатов сочетаний гамет используется **решетка Пеннета**. В верхней горизонтальной строке как заголовки записываем типы гамет одного родителя, а слева вертикально, как заголовки строчек, располагаем типы гамет другого родителя. В каждый квадрат на пересечении столбца и строчки записываем генотип и фенотип потомка.

♀×♂	АВ	Ав	аВ	ав
АВ	ААВВ <i>бел. длинноух.</i>	ААВв <i>бел. длинноух.</i>	АаВВ <i>бел. длинноух.</i>	АаВв <i>бел. длинноух.</i>
Ав	ААВв <i>бел. длинноух.</i>	ААВВ <i>бел. короткоух.</i>	АаВв <i>бел. длинноух.</i>	Аавв <i>бел. короткоух.</i>
аВ	АаВВ <i>бел. длинноух.</i>	АаВв <i>бел. длинноух.</i>	ааВВ <i>черн. длинноух.</i>	ааВв <i>черн. длинноух.</i>
ав	АаВв <i>бел. длинноух.</i>	Аавв <i>бел. короткоух.</i>	ааВв <i>черн. длинноух.</i>	аавв <i>чер. короткоух.</i>

Расщепление в F₂ :

бел. длинноух. – 9

бел. короткоух. – 3

черн. длинноух. – 3

чер. короткоух. – 1

При скрещивании особей, различающихся по двум парам признаков, Г. Мендель доказал, что расщепление по генотипу и фенотипу во втором поколении является результатом независимого комбинирования генов и признаков. На основании этого был установлен закон независимого наследования признаков.

Основные понятия:

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

Ген	Признак	♀ розовидный	×	♂ стручковидный
R	розовидный гребень	RRcc		rrCC
r	листовидный			
C	стручковидный			
c	листовидный			
		(Rc)		(rC)
		F ₁ :		RrCc <i>ореховидный</i>

При скрещивании особей с ореховидным гребнем из первого поколения между собой в F₂ наблюдается расщепление: 9 – ореховидных, 3 – розовидных, 3 – стручковидных, 1 – листовидный.

Комплементарность – тип взаимодействия неаллельных генов, каждый из которых не имеет самостоятельного фенотипического проявления, когда признак развивается в результате взаимодействия двух доминантных неаллельных генов. Наследование окраски оперения у кур.

Ген	Признак	♀ белая	×	♂ белый
C	способность синтезировать белок тирозин	CCoo		ccOO
c	неспособность синтезировать тирозин			
O	способность синтезировать фермент тирозингидроксилазу			
o	неспособность синтезировать тирозингидроксилазу			
		(Co)		(cO)
		F ₁ :		CoOo <i>окрашенный</i>

При скрещивании окрашенных особей из первого поколения между собой в F₂ наблюдается расщепление: 9 – окрашенных, 7 – белых.

Эпистаз – такой тип взаимодействия неаллельных генов, когда аллели одного гена подавляют проявление аллелей других генов. Подавляющий аллель называется эпистатическим. Серая масть у лошадей обусловлена геном раннего поседения, который подавляет все другие масти.

Ген	Признак	♂ серый	×	♀ рыжая
C	ген раннего поседения	ССВВ		ссВВ
c	отсутствие поседения			
V	вороная масть	СВ		св
v	рыжая			
		F ₁ :		СсВв серый

При скрещивании серых особей из первого поколения между собой в F₂ наблюдается расщепление: 12 – серых, 3 – вороных, 1 – рыжая.

Полимерия – такой тип взаимодействия неаллельных генов, когда степень развития признака обусловлена влиянием ряда однозначно схоже действующих генов, действие которых суммируется. Гены, действие которых суммируется, называются аддитивными или кумулятивными.

Ген	Признак	♂ темно-красная окраска зерен	×	♀ белая
A ₁ A ₂	темно-красная окраска зерен	A ₁ A ₁ A ₂ A ₂		a ₁ a ₁ a ₂ a ₂
a ₁ a ₂	белая			
		F ₁ :		A ₁ A ₂ a ₁ a ₂ светло-красный

При скрещивании потомков из первого поколения между собой в F₂ наблюдается следующее соотношение фенотипов и генотипов:

- 4 A – темно-красная – 1,
- 3 A – красная – 4,
- 2 A – светло-красная – 6,
- 1 A – розовая – 4,
- 0 A – белая – 1.

Гены-модификаторы – гены, которые не определяют развитие признака, но способны усиливать или ослаблять действие основных генов.

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

Пенетрантность – когда один и тот же признак может проявляться либо не проявляться у особей родственных групп. Пенетрантность – это процент особей, у которых данный ген проявился.

Экспрессивность – степень выраженности признака.

Экспрессивность и пенетрантность зависят от генов-модификаторов и условий развития особей.

Задание 1. Решить задачу при скрещивании родительских форм гомозиготных по обоим парам альтернативных признаков. Получить F_1 и F_2 (сборник задач).

Задание 2. Решить задачу на дигибридное скрещивание при условии, что один из родителей гетерозиготен по одному или двум парам признаков (сборник задач).

Задание 3. Решить задачу на дигибридное скрещивание при промежуточном наследовании одного из признаков (сборник задач).

Тема 3. ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Цель занятия: изучить сцепленное наследование признаков.

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.

Основные понятия:

Сцепление генов – совместное наследование генов, расположенных в одной хромосоме. **Группа сцепления** – это группа генов, расположенных в одной хромосоме.

Количество групп сцепления соответствует гаплоидному числу хромосом. Сцепление генов, расположенных в одной хромосоме, может быть полным и неполным. Наиболее ясно видна разница в поведении сцепленных и независимо наследующихся генов при анализирующем скрещивании.

Полное сцепление: Т. Морган скрещивал черных длиннокрылых самцов

Кроссинговер – взаимный обмен гомологичных хромосом своими частями. Он происходит в профазе I мейоза. Особи, которые получаются в результате кроссинговера, называются кроссоверы. Величина кроссинговера зависит от расстояния между генами. Чем дальше расположены гены друг от друга, тем чаще происходит кроссинговер.

Частота кроссинговера определяется по формуле 13:

$$\text{процент} \frac{\text{количество кроссоверных особей}}{\text{перекреста}} = \frac{\text{количество кроссоверных особей}}{\text{общее количество потомков}} \times 100 \%. \quad (15)$$

Частота кроссинговера определяется в процентах и служит показателем расстояния между генами. На основании частоты кроссинговера и линейного расположения генов в хромосоме можно построить карты хромосом.

Картой хромосом называется план расположения генов в хромосоме.

При построении карт в хорошо изученных хромосомах указывают не расстояние между генами, а расстояние от нулевой точки начала хромосом до каждого гена. Карты составляются для хромосом, группы сцепления которых включают не менее 3-х генов.

Задание 1. Рассчитать расстояние между генами и составить карту хромосом (сборник задач).

Задание 2. Определите процент перекреста между сцепленными генами (сборник задач).

Тема 4. ГЕНЕТИКА ПОЛА

Цель занятия: изучить наследование признаков, сцепленных с полом. Научиться решать задачи по сцепленному с полом наследованию.

Содержание и методика проведения занятия

Контрольные вопросы:

1. Хромосомное определение пола и типы детерминации пола.
2. Наследование пола. Понятие о первичном соотношении по полу.
3. Нарушения определения и формирования признаков пола.
4. Проблема искусственного регулирования пола.
5. Особенности наследования признаков, сцепленных с полом.

Кариотипы мужского и женского организмов отличаются друг от друга одной парой хромосом, названных половыми.

У млекопитающих:	♀ xx	♂ $xу$		
У птиц:	♂ xx	♀ $xу$		
Насекомые: прямокрылые пчелы, муравьи	♀ xx	♂ xx	♂ $xо$	
		♂ xx	♀ $xо$	
		♀ $2n$	♂ n	

У млекопитающих гомогаметным полом, образующим один тип гамет (x), является женский, гетерогаметным, образующим 2 сорта гамет (x и y), является мужской, у птиц, наоборот, гомогаметный пол мужской (xx), гетерогаметный – женский ($xу$).

Признаки, сцепленные с полом, обусловлены генами, локализованными в половых хромосомах. Установлено, что наследование их зависит в основном от x -хромосомы, y -хромосома имеет небольшие размеры и является генетически инертной, за исключением небольшого числа генов. У самцов млекопитающих и у самок птиц гены, локализованные в x -хромосоме, не имеют аллельных генов в y -хромосоме. Рecessивные гены у них проявляют свое действие уже в одинарной дозе.

Сцепленными с полом называются признаки, гены которых находятся в половых хромосомах. Установлено, что наследование их зависит в основном от x -хромосомы.

Существует ряд болезней и аномалий развития, которые сцеплены с полом. Например, гемофилия у собак и лошадей, дальтонизм у человека, патология развития конечностей у бычков и свиней, отсутствие зубов и шерстного покрова у телят (в гомозиготном состоянии этот ген летален у самок). Сцеплены с x -хромосомой некоторые виды рахита, потемнение эмали зубов и др.

Признаки, сцепленные с полом, имеют большое значение для практики животноводства. В птицеводстве для разделения суточных цыплят по полу эффективно используется сцепленная с полом окраска оперения. Так, при скрещивании золотистых петухов с серебристыми курами, из яиц вылупились желтые курочки, белые – петушки. В других вариантах, при скрещивании полосатых и неполосатых кур цыплята-петушки имели светлое пятно на затылке, а курочки – нет.

Методика решения задач на наследование признаков, сцепленных с полом

Задача: У человека гемофилия детерминирована сцепленным с полом recessивным геном h . Родители здоровы, их сын болен гемофилией. Требуется определить, кто из родителей мог передать ген гемофилии.

Условие задачи записывается по схеме скрещивания с учетом половых хромосом матери и отца (у млекопитающих гомогаметным является женский пол):

Решение:

Признак	Ген	Генотип
Нормальная свертываемость крови	x^H	$x^H x^H$; $x^H x^h$; $x^H Y$
Гемофилия	x^h	$x^h x^h$; $x^h Y$

Фенотип родителей: *здоровая* *здоров*
Генотип родителей: ♀ $x^H x^h$ × ♂ $x^H Y$

Фенотип F₁: *сын с гемофилией*
Генотип F₁: ♂ $x^h Y$

Ген *h* получен потомком вместе с *x*-хромосомой от родителей и проявляется либо в гемизиготном (у сына), либо в гомозиготном (у дочери) состояниях. Родители здоровы, следовательно, в их генотипе обязательно присутствует хотя бы один ген *H*. Так как у отца всего одна *x*-хромосома, он имеет только один ген свертываемости крови, а именно *H*, и не является переносчиком гена гемофилии. Мать, будучи здоровой и имея в одной X-хромосоме ген *H*, может быть гетерозиготной носительницей гемофилии.

Больным ребенком-гемофиликом у таких родителей мог быть только сын, так как свою единственную *x*-хромосому с геном гемофилии он получает от матери. Дочери, получая *x*-хромосомы от матери и отца, благодаря отцу всегда будут здоровыми. Однако часть дочерей может быть носительницами гемофилии.

Задание 1. Нарисуйте схему скрещивания при условии, что гомогаметный пол имеет доминантный признак, а гетерогаметный пол – рецессивный.

Задание 2. Нарисуйте схему скрещивания при условии, что гомогаметный пол имеет рецессивный признак, а гетерогаметный пол – доминантный.

Задание 3. Нарисуйте схему скрещивания при наличии у гомогаметного пола в одной *x*-хромосоме летального гена.

Задание 4. Решить задачу на сцепленное с полом наследование признаков.

Тема 5. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Цель занятия: изучить структуру и химический состав нуклеиновых кислот, научиться решать задачи на моделирование синтеза ДНК, РНК и белка.

Содержание и методика проведения занятия

Контрольные вопросы:

1. Строение и химический состав ДНК.
2. Химический состав, структура и виды РНК.
3. Генетический код и его свойства.
4. Синтез белка в клетке.
5. Современное представление о строении, свойствах и функциях генов.

Основные понятия:

Нуклеиновые кислоты были открыты в 1868 году И.Ф. Мишером, который выделил из ядер клеток особое вещество кислотной природы и назвал его **нуклеином**, затем этому веществу дали название **нуклеиновая кислота**. Было обнаружено два типа нуклеиновых кислот, которые назвали в зависимости от углеводного компонента, входящего в состав – дезоксирибонуклеиновая или рибонуклеиновая.

Молекула ДНК имеет двойную спираль, состоящую из двух полинуклеотидных цепей, структурными единицами которых являются нуклеотиды. В состав нуклеотида входят: одно из азотистых оснований – пуриновое (аденин или гуанин) или пиримидиновое (тимин или цитозин), дезоксирибоза, фосфатный остаток. Каждые три нуклеотида (триплет) в смысловой цепи ДНК (гене) определяют постановку в нужном месте определенной аминокислоты (рисунок 1).

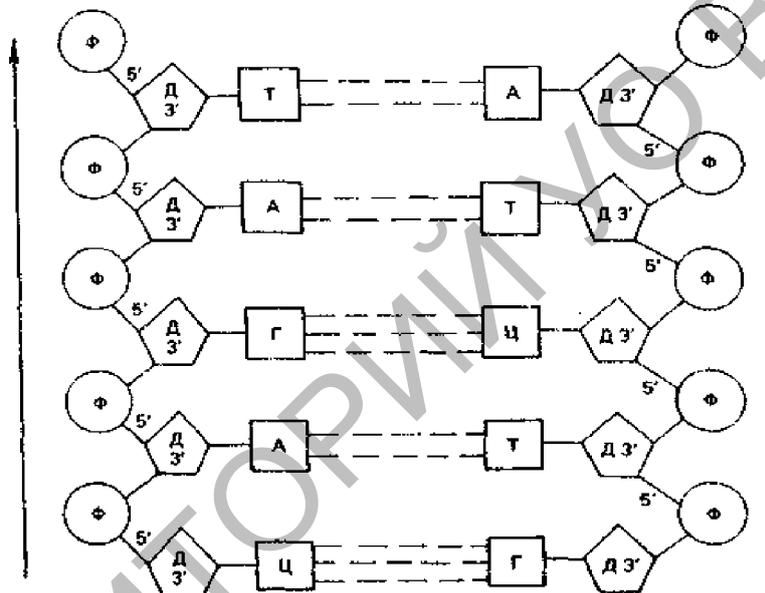


Рисунок 1 – Схема отрезка двухцепочечной молекулы ДНК (по С.М. Гершензону)

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 двойной водородной связью, а гуанин только с цитозином тройной водородной связью. Цепи ДНК комплементарны, они взаимно дополняют друг друга.

ДНК находится в хромосомах и перед каждым удвоением хромосом и делением клетки происходит ее репликация (удвоение).

Под действием ферментов двойные цепи ДНК расплетаются, и каждая цепь достраивает вторую, комплементарную ей цепь.

РНК – рибонуклеиновая кислота, состоит из одной полинуклеотидной цепи, участвует в переписывании информации с ДНК, транспортировке аминокислот и синтезе белка. В РНК вместо тимина входит урацил, вместо дезоксирибозы – рибоза. Существует 3 вида РНК: информационная (и-РНК), транспортная (т-РНК) и рибосомальная (р-РНК).

Генетический код – система записи наследственной информации в молекулах нуклеиновых кислот в виде определенной последовательности нуклеотидов. Он был полностью расшифрован в 1966 году. Была определена природа связи между структурой гена и соответствующего белка.

Установлено, что 61 кодон кодирует 20 аминокислот, 3 кодона не соответствуют никакой аминокислоте и определяют конец синтеза белка.

Генетический код обладает триплетностью, универсальностью, вырожденностью, неперекрываемостью и коллинеарностью. В генетическом коде кодон *AUG* является инициатором синтеза белка, если он находится в начале м-РНК. Если же он находится в середине цепи, то кодирует аминокислоту метионин. Кодоны *UAG*, *UAA* и *UGA* являются терминаторами синтеза белка. В кодонах для одной аминокислоты первые два нуклеотида одинаковые, а третий варьирует.

Синтез белка в клетке

Синтез белка в клетке происходит в I стадию интерфазы до начала репликации ДНК. В процессе синтеза белка различают этапы транскрипции и трансляции.

Транскрипция – процесс переписывания наследственной информации с гена на и-РНК. Происходит в ядре клетки в направлении 5'-3'.

При синтезе белка наследственная информация, записанная в ДНК (гене), точно переписывается (транскрибируется) в нуклеотидную последовательность и-РНК при помощи фермента РНК-полимеразы.



Конец синтеза и-РНК определяется участком остановки транскрипции. В генах эукариот есть участки, не содержащие информации – *интроны*, участки ДНК, несущие информацию называются *экзоны*. Поэтому после синтеза и-РНК должна пройти процесс созревания – **процессинг**.

Образовавшаяся и-РНК (м-РНК) направляется в цитоплазму, где соединяется с рибосомой, являясь матрицей для синтеза полипептида. Последовательность постановки аминокислот в полипептиде закодирована с помощью кодонов-триплетов нуклеотидов и-РНК.

Трансляция – процесс перевода последовательности нуклеотидов в и-РНК в последовательность аминокислот в молекуле белка. Процесс трансляции включает 2 этапа:

1. Активирование аминокислот.
2. Синтез белковой молекулы.

Процесс непосредственно синтеза белка происходит в 3 стадии:

1. *Инициация* (начало синтеза).
2. *Элонгация* (удлинение цепи).
3. *Терминация* (окончание синтеза).

К рибосоме аминокислота доставляется при помощи т-РНК, «узнающей» место постановки аминокислоты при помощи антикодона, соответствующего определенному кодону и-РНК.

м-РНК: АУГ УУУ УЦЦ ГГУ ААА
 полипептид: метионин – фенилаланин – серин – глицин – лизин

В современном представлении *ген* – функциональная единица молекулы ДНК, которая контролирует последовательность аминокислот в кодируемой полипептидной цепи. Ген имеет определенную величину, выраженную числом нуклеотидов и молекулярной массой. Молекулярная масса гена $\approx 7 \times 10^5$ Д (дальтон), размер – в среднем 1000 нуклеотидов. Самые короткие гены кодируют т-РНК.

В опытах А.С. Серебровского (1929-1930 гг.) было установлено, что ген имеет сложную структуру и состоит из центров. При изучении мутаций гена *scute*, влияющего на развитие щетинок на теле дрозофилы, было обнаружено явление *ступенчатого аллеломорфизма*. Было доказано, что ген не является единицей мутации, он дробим и имеет сложную структуру.

Ген обладает общими (*дискретность, аллельность, постоянство*) и частными (*полимерия, плейотропия, экспрессивность, пенетрантность*) свойствами.

Гены, кодирующие синтез полипептидной цепи, называются *структурными*. Они имеют строго определенную последовательность нуклеотидов и их можно идентифицировать.

Методика решения задач на моделирование синтеза белка

Задача: Фрагмент молекулы ДНК, кодирующий часть полипептида, имеет следующее строение: АТАГТЦЦААГГА. Определите последовательность аминокислот в полипептиде.

Решение. Известна одна цепь ДНК, с которой считывается и-РНК. Разбиваем цепь ДНК на триплеты. Строим и-РНК по условию задачи:

АТА	ГТЦ	ЦАА	ГГА
УАУ	ЦАГ	ГУУ	ЦЦУ

По таблице генетического кода (приложение 2) последовательно находим для каждого триплета соответствующую аминокислоту и строим участок искомого полипептида:

ДНК:	АТА	ГТЦ	ЦАА	ГГА
И-РНК:	УАУ	ЦАГ	ГУУ	ЦЦУ
Ам. к-та:	тирозин	- глутамин	- валин	- пролин
Полипептид:	Тир	- Глу	- Вал	- Про

Задание 1. Приведите схему строения фрагмента молекулы ДНК.

Задание 2.

1. На приведенной цепочке ДНК образуйте комплементарную цепочку ДНК с обозначением водородных связей.
2. На участке цепи ДНК синтезируйте и-РНК.
3. На и-РНК (м-РНК) определите последовательность включения аминокислот в молекулу полипептидной цепи белка.

Задание 3. На основании антикодонов т-РНК, определите кодоны и-РНК и постановку соответствующих аминокислот (образец оформления задания):

Кодоны и-РНК:

Антикодоны т-РНК:

Полипептид:

Тема 6. МУТАЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОРГАНИЗМОВ

Цель занятия: ознакомиться с основными типами мутаций, с полиплоидными формами растений, научиться решать задачи по моделированию генных мутаций и темновой репарации.

Содержание и методика проведения занятия

Контрольные вопросы:

1. Виды изменчивости.
2. Понятие о мутации и мутационном процессе. Классификация мутаций.
3. Геномные мутации.
4. Хромосомные мутации. Классификация и значение в практике.
5. Генные мутации, молекулярный механизм и причины возникновения. Классификация генных мутаций.
6. Закон гомологических рядов наследственной изменчивости Н.И. Вавилова.
7. Индуцированный мутагенез.
8. Виды репарации. Роль репарирующих систем в мутационном процессе.
9. Генетические последствия загрязнения окружающей среды.

Основные понятия:

Изменчивость – возникновение различий между организмами по ряду признаков и свойств. Она является одним из важнейших проявлений жизни, выражается в различиях между особями по признакам тела или отдельных его органов и функций. Различия между особями одного вида могут зависеть от изменений генов и внешних условий, в которых происходит развитие организма.

Виды изменчивости: мутационная, комбинативная, коррелятивная, мо-

дификационная.

Мутация – стойкое изменение в структуре ДНК и кариотипе, которое ведет к изменению признака.

Мутагенез – процесс возникновения и развития мутаций.

Полиплоидия – увеличение гаплоидного числа хромосом в четное или нечетное число раз. Исходным набором хромосом любого полиплоидного ряда является гаплоидное их число n , кратное увеличение этого числа образует полиплоидный ряд. Диплоидное число хромосом особи $2n$ – *диплоиды*. При полиплоидии могут получаться особи $3n$ – *триплоиды*, $4n$ – *тетраплоиды*, $5n$ – *пентаплоиды*, $6n$ – *гексаплоиды*, $7n$, $8n$ и т.д. Полиплоидия встречается в основном у растений.

Виды полиплоидии: *автополиплоидия* (возникает при увеличении числа хромосом у растений одного вида), *аллополиплоидия* (возникает при скрещивании растений разных видов). Аллополиплоиды, имеющие удвоенный набор хромосом двух исходных видов растений, называются *амфидиплоиды*. Если аллополиплоид содержит удвоенное число хромосом трех видов растений, он называется *аллотриплоид*.

Полиплоиды получают с помощью химических мутагенов (*гетероауксин*, *колхицин*, *аценафтен* и др.), которые задерживают деление клетки, но способствуют делению ядра. При этом увеличивается число хромосом и количество цитоплазмы, что приводит к увеличению размера листьев, цветов, плодов, но снижается плодовитость и удлиняется вегетационный период.

Полиплоидия используется в селекции для получения новых высокоурожайных сортов растений.

Гетероплоидия (анеуплоидия) – общее изменение числа хромосом по отношению к диплоидному.

$2n+1$ – трисомия (три одинаковых хромосомы);

$2n-1$ – моносомия (отсутствует одна хромосома из пары);

$2n+2$ – тетрасомия (четыре хромосомы вместо двух);

$2n-2$ – нуллисомия (отсутствует пара хромосом).

В результате гетероплоидии возникают различные нарушения в развитии организма человека и животных.

Гаплоиды – организмы с половинным набором хромосом по сравнению с исходными формами. Характерной особенностью гаплоидов является уменьшение размеров всех клеток и органов. Поскольку у гаплоидов одинарный набор хромосом, то у них могут проявляться не только доминантные, но и рецессивные гены.

Хромосомные мутации (абберации) – мутации, связанные с изменением структуры хромосом. К ним относятся: *нехватка*, *делеция*, *инверсия*, *инсерция*, *дубликация*, *фрагментация*, *транслокация*, *кольцевые хромосомы*, *изохромосомы*. Большинство хромосомных мутаций вызывают нарушения в развитии или гибель особей.

Генные мутации – изменения структуры гена. Они бывают: *гипоморфные*, *гиперморфные*, *антиморфные*, *неоморфные*, *аморфные*. В результате генных мутаций происходит замена нуклеотидов внутри кодонов

(миссенс-мутации), появляются вставки и делеции, что приводит к мутациям сдвига рамки чтения.

Закон гомологических рядов наследственной изменчивости

Н.И. Вавилова:

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

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

Индукцированный мутагенез – процесс возникновения мутаций под действием специальных факторов – мутагенов. Мутагены бывают *физические, химические, биологические*.

Репарация – процесс восстановления специальными ферментами поврежденной молекулы ДНК.

Фоторепарация (фотореактивация) – восстановление измененных участков ДНК под влиянием фотореактивирующих ферментов на свету. Фоторепарация действует у растений.

Темновая репарация – восстановление структуры ДНК в темноте. При поражении молекулы ДНК восстановление происходит в несколько этапов при участии 4-х ферментов:

1) фермент ***эндонуклеаза*** находит поврежденный участок и надрезает нить ДНК в начале и в конце поврежденного участка;

2) фермент ***экзонуклеаза*** расширяет поврежденный участок и удаляет от 500 до 1000 нуклеотидов;

3) фермент ***ДНК-полимераза*** достраивает цепи ДНК по правилу комплементарности;

4) фермент ***лигаза*** устраняет разрывы.

В результате репарации поврежденная молекула ДНК приобретает первоначальную структуру. Репарирующие ферменты удаляют не только повреждения, вызванные ультрафиолетовыми лучами, но и много других структурных повреждений ДНК, связанных с разрывом полинуклеотидных цепей, а также не комплементарные нуклеотиды.

Если в молекуле ДНК одновременно повреждаются на одном и том же участке две цепи, то репарация невозможна и могут возникнуть мутации.

Задание 1. Зарисовать различные формы хромосомных мутаций.

Задание 2. Изучить различные образцы полиплоидных растений, сравнить растения с разным уровнем плоидности.

Задание 3.

а) определить последовательность аминокислот в полипептиде, который кодируется участком молекулы ДНК (геном) следующего нуклеотидного состава (пример оформления задания):

ДНК:

м-РНК:

полипептид:

б) как изменится последовательность аминокислот в полипептиде при замене нуклеотида в одном из триплетов гена (см. пример оформления задания 3а);

в) при вставке нуклеотида (см. пример оформления задания 3а);

г) при утере нуклеотида (см. пример оформления задания 3а).

Тема 7. НАСЛЕДСТВЕННЫЙ ПОЛИМОРФИЗМ БЕЛКОВ И АНТИГЕНОВ ЭРИТРОЦИТОВ. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ПРОИСХОЖДЕНИЯ ЖИВОТНЫХ

Цель занятия: ознакомиться с основными понятиями иммуногенетики, оборудованием и принципами определения групп крови и полиморфизма белков. Научиться решать задачи и проводить генетическую экспертизу происхождения животных.

Содержание и методика проведения занятия

Контрольные вопросы:

1. Понятие о группах крови, антигенах, антителах.
2. Системы групп крови сельскохозяйственных животных. Номенклатура.
3. Правила наследования и способы определения групп крови.
4. Гемолитическая болезнь жеребят и поросят и меры профилактики.
5. Биохимический полиморфизм белков и его генетическая природа. Методы определения, характер наследования.
6. Использование групп крови и биохимического полиморфизма в практике.
7. Применение антигенов эритроцитов для контроля достоверности происхождения.

Основные понятия:

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

На оболочке эритроцитов расположены антигенные факторы (антигены), представляющие собой белковые соединения или соединения полисахаридов с белками. Качественный состав их не изменяется на протяжении жизни животного и стойко наследуется.

В 1900 году К. Ландштейнер открыл у человека три группы крови по системе АВ0 на основе изучения специфических реакций эритроцитов, происходящих при переливании крови. В 1907 году Я. Янский открыл четвертую группу крови (таблица 2).

Таблица 2 – Группы крови у человека по системе АВ0

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, A0	β	II, IV
III	B	BB, B0	α	III, IV
IV	AB	AB	-	IV универсальный реципиент

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

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

Феногруппы – сочетание антигенов, которые наследуются вместе.

Совокупность антигенов, которые контролируются одним локусом хромосомы, называется **генетической системой групп крови**.

У крупного рогатого скота открыто 12 систем групп крови, у свиней – 17, у лошадей – 9, у овец – 16, у кур – 14, у человека – 19.

Наиболее сложной является у крупного рогатого скота система **B**, которая включает более 40 антигенов, которые образуют более 500 аллелей. У свиней наиболее сложными считаются системы **E, L, M**, у овец – **B, A, C**.

Группы крови наследуются по *типу кодоминирования*, т. е. в гетерозиготе фенотипически проявляются оба гена.

Антигены групп крови выявляются при помощи иммунологической реакции с антителами, специфичными к данному антигену (моноспецифическими сыворотками).

Полиморфизм белков – одновременное существование белка в нескольких формах. Причиной возникновения полиморфизма является мутационный процесс. Типы одного и того же белка наследуются кодоминантно, как и группы крови.

Задача. Какие группы крови может иметь ребенок, если у отца четвертая группа, резус-положительная, а у матери – первая, резус-отрицательная?

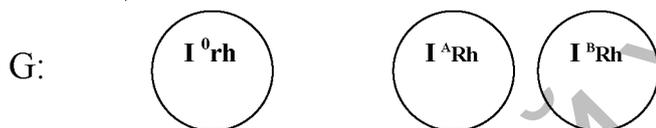
Решение:

Признак	Ген	Генотип
I группа крови (0)	I^0	$I^0 I^0$
II группа крови (A)	I^A	$I^A I^A, I^A I^0$
III группа крови (B)	I^B	$I^B I^B, I^B I^0$
IV группа крови (AB)	I^A, I^B	$I^A I^B$
Резус-положительность	Rh	RhRh, Rhrh
Резус-отрицательность	rh	rhrh

Генотип отца – $I^A I^B RhRh$ или $I^A I^B Rhrh$, генотип матери – $I^0 I^0 rhrh$.

Определяем генотипы детей при различных сочетаниях вступивших в брак родителей:

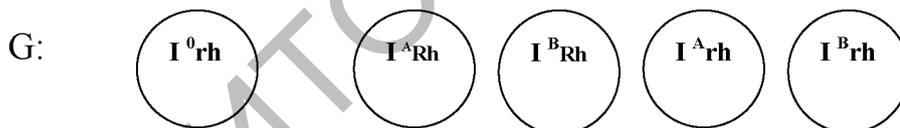
1) P: ♀ $I^0 I^0 rhrh$ × ♂ $I^A I^B RhRh$



Генотип F_1 : $I^A I^0 Rhrh, I^B I^0 Rhrh$

Фенотип F_1 : ARh, BRh

2) P: ♀ $I^0 I^0 rhrh$ × ♂ $I^A I^B Rhrh$



Генотип F_1 : $I^B I^0 Rhrh, I^A I^0 Rhrh, I^A I^0 rhrh, I^B I^0 rhrh$

Фенотип F_1 : $I^A Rh, I^B Rh, I^A rh, I^B rh$

Выводы: таким образом, дети могут иметь группы крови A и B, резус-фактор как положительный, так и отрицательный.

Задача. Уточнить отцовство по группам крови:

Животное	Система групп крови							
	A	B	C	F-V	J	L	M	S
Бык №1	$A_1 DH$	$B/I_2 A'E'_3 G$	$C_1 EX_1$	F/F	-	-	-	H -
Бык №2	$A_1 HDH$	$A_1 B'/BO_1$	W/RWX_2	F/V	-	-	M -	-
Мать	$A_2 D$	$B/BO_2 A$	EWL/R_2	F/V	-	-	-	-
Теленок	DH/D	$A'B'/BO_2 A$	W/R_2	V/V	-	-	-	-

Решение: по системе А невозможно уточнить отцовство, так как аллель DH есть у обоих быков. В системе В теленок получил один аллель BO_2A от матери (такого аллеля нет у предполагаемых отцов), а второй AB – от быка №2 (этого аллеля нет у первого производителя). Поэтому можно сделать заключение, что отцом теленка является бык №2. Это заключение подтверждается и наличием у потомка аллеля W в системе С. Также и по системе F-V можно сделать заключение, что бык №1 не может быть отцом теленка, так как он гомозиготен по аллелю F/F , а потомок гомозиготен по противоположному аллелю в этой системе V/V .

Выводы: отец теленка – бык № 2.

Задание 1. Зарисовать фореграммы полиморфных белков: трансферрина, церулоплазмينا и амилазы.

Задание 2. Решить задачу по наследованию групп крови.

Задание 3. Заполнить таблицу по индивидуальному заданию. Проанализировать и сделать соответствующие выводы о достоверности записи о происхождении животных.

Генетический контроль происхождения потомства крупного рогатого скота. Если у теленка имеется антиген по определенной системе групп крови, который отсутствует у обоих родителей, то он не является их потомком (-).

Кличка, №	Системы групп крови				Белки крови			Достоверность происхождения
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>S</i>	<i>Sp</i>	<i>Am</i>	<i>Tf</i>	
Отец								
Мать								
Потомок								
Мать								
Потомок								

Тема 8. **ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПОПУЛЯЦИЯХ**

Цель занятия: приобрести навыки по анализу генетической структуры популяции, научиться определять частоты аллелей, генотипов и фенотипов в популяции.

Содержание и методика проведения занятия

Контрольные вопросы:

1. Понятие о виде, популяции и чистой линии. Методы изучения популяций.
2. Эффективность отбора в популяции и чистой линии.
3. Генетическая структура свободно размножающейся популяции. Закон Харди-Вайнберга.
4. Закон стабилизирующего скрещивания Пирсона.
5. Основные свойства популяции. Основные факторы генетической эволюции в популяциях.

Основные понятия:

Вид – 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 – совокупность особей одного вида, заселяющих определенную территорию, свободно скрещивающихся между собой и отделенная от других совокупностей особей данного вида одной из форм изоляции. Популяция является главным структурным элементом вида, формой его существования в данных условиях. Каждая популяция характеризуется определенным генофондом, т. е. совокупностью аллелей, входящих в ее состав.

Чистая линия – потомство, полученное только от одного родителя и имеющее полное сходство с ним по генотипу.

Для изучения популяций используются следующие методы: генетический анализ, цитогенетический анализ кариотипа, эколого-физиологический метод, математический метод.

Структура популяции может измениться под действием различных факторов – мутаций, отбора, миграций, дрейфа генов и инбридинга.

Панмиктической или свободно размножающейся популяцией называется теоретическая популяция, в которой происходит свободное скрещивание особей. 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 и установили, что такая популяция находится в состоянии равновесия, т. е. из поколения в поколение не изменяется и в ней сохраняется определенное соотношение генотипов, выражаемое формулой 16:

$$p^2 AA + 2pqAa + q^2 aa = 1, \quad (16)$$

где p^2 выражает частоту гомозигот AA ;

q^2 – частоту гомозигот aa ;

$2pq$ – частоту гетерозигот Aa .

Так как каждая гамета самца или самки несет ген « A » или ген « a », то по формуле 17:

$$pA + qa = 1, \quad (17)$$

где pA – концентрация или частота в популяции гамет с геном A ;

qa – концентрация в популяции гамет с геном a .

Используя приведенную выше формулу 16, можно вычислить частоты аллелей и генотипов в тех случаях, когда доминантные гомозиготы (AA) фенотипически неотличимы от гетерозигот (Aa). С этой целью определяют процент гомозиготных по рецессивному признаку особей – q^2 , например, их оказалось 16 %, после приведения к единице – 0,16. Если $q^2 = 0,16$, то можно определить q – частоту рецессивного гена – a , $qa = \sqrt{0,16} = 0,4$. Отсюда $pA = 1 - 0,4 = 0,6$.

На основании полученной концентрации генов определяем структуру популяции, которая равна:

$$0,6^2 AA + 2 \cdot 0,6 \cdot 0,4 Aa + 0,4^2 aa = 1,$$

$$0,36 AA + 0,48 Aa + 0,16 aa = 1.$$

В процентах: 36 % AA + 48 % Aa + 0,16 aa = 100.

Определяем в популяции частоты доминантного (p) и рецессивного (q) генов:

$$p = 0,36 + 0,24 = 0,6,$$

$$q = 0,24 + 0,16 = 0,4.$$

Частоты аллелей остались прежними ($p = 0,6$; $q = 0,4$) и соотношение генотипов следующего поколения останется неизменным.

Скрещивание, восстанавливающее структуру популяции в соответствии с формулой Харди-Вайнберга, называется *стабилизирующим*.

Закон стабилизирующего скрещивания Пирсона: если в популяции отбор проведен только один раз, то она восстановит свою структуру уже в следующем поколении, но при другом соотношении генотипов.

Методика решения задачи на определение частоты аллелей и структуры популяции

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

Решение. По уравнению Харди-Вайнберга (формула 15) рассчитывают частоты генотипов. Частота белых гомозиготных по рецессивному аллелю особей составит $q^2=10:1000=1:100=0,01=1\%$. Отсюда частота рецессивного аллеля q будет равна $\sqrt{0,01}=0,1$. 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 $2 \times 0,9 \times 0,1=0,18$.

Выводы: таким образом, рыжих гомозиготных лисиц в популяции 81%, рыжих гетерозиготных – 18 %, белых лисиц – 1 %.

Задание 1. Рассчитать структуру свободно размножающейся популяции при условии полного доминирования признака по формуле 15 (сборник задач).

Задание 2. Рассчитать структуру свободно размножающейся популяции при условии промежуточного доминирования признака (сборник задач).

Задание 3. Решить задачу на стабилизирующее скрещивание (сборник задач).

ЛИТЕРАТУРА

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. : ил., табл.
2. Генетика : учебник для студентов высших учебных заведений по специальности «Зоотехния» / Е. К. Меркурьева [и др.]. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 446 с. : ил., табл.
3. Генетика с основами биометрии : пособие / А. Д. Шацкий [и др.]. – Минск : ГУ «Учебно-методический центр Минсельхозпрода», 2011. – 244 с.

Дополнительная

1. Лакин, Г. Ф. Биометрия : учебное пособие для студентов биологических специальностей вузов / Г. Ф. Лакин. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высшая школа, 1990. – 352 с. : ил.
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. : табл., ил.
3. Смиряев, А. В. Генетика популяций и количественных признаков : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям и специальностям агрономического образования / А. В. Смиряев, А. В. Кильчевский ; ред. М. Р. Погосбекова ; Международная ассоциация «Агрообразование». – Москва : КолосС, 2007. – 272 с. : граф., табл.

**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

Генетический код

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

КАФЕДРА ГЕНЕТИКИ И РАЗВЕДЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ 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 частной зоотехнии. С 1934 по 1936 год заведующим кафедрой был профессор А.В. Бурцев, а затем доцент Б.П. Игнатъев (1937-1938 гг.).

После восстановления зоотехнического факультета с 1950 года по 1952 год руководил кафедрой доцент А.А. Сильяндер. В период с 1953 по 1974 год кафедрой заведовала профессор, Заслуженный деятель науки БССР, выдающийся генетик и селекционер, известный педагог О.А. Иванова. В разные годы кафедрой руководили доцент А.С. Гурьянова (1974-1985 гг.), доцент В.В. Пилько (1985-2000 гг.), доцент В.К. Смунова (2000-2007 гг.), доцент М.В. Красюк (2007-2008 гг.), с февраля 2009 года – доцент А.В. Вишневец.

Большой вклад в развитие кафедры внесла профессор Ольга Алексеевна Иванова. Помимо курсов «Разведение сельскохозяйственных животных» и «Дарвинизм», она после большого перерыва в преподавании генетики в вузах организовала и начала читать дисциплину «Генетика» на ветеринарном и зоотехническом факультетах. Ивановой О.А. в 1967 году издан учебник по курсу «Генетика» для зооветеринарных факультетов. Под ее руководством выполнено и защищено 18 кандидатских диссертаций.

На кафедре изданы учебники: «Генетика» - О.А. Иванова (в соавт., 1969 г., 1973 г.); «Ветеринарная генетика с основами вариационной статистики» - Г.А. Назарова (в соавт., 1996 г.); «Основы животноводства и пчеловодства» - В.В. Пилько (в соавт., 2002 г.); «Животноводство, зоогигиена и ветеринарная санитария» - В.К. Смунова (в соавт., 2006 г.); «Разведение сельскохозяйственных животных» - В.В. Пилько (в соавт., 2006 г.); «Генетика с основами биометрии» - С.Е. Базылев (в соавт., 2011 г.), «Выращивание и болезни молодняка» - А.В. Вишневец (в соавт., 2012 г.).

Сотрудниками кафедры опубликовано более 980 научных работ. Постоянно ведется научно-исследовательская работа студентов, которые выступают с докладами на студенческих научных конференциях и ежегодно по материалам исследований защищают 45 - 52 дипломные работы, 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. Ежегодно сотрудники кафедры читают лекции на ФПК и ПК для директоров и главных зоотехников райплемстанций, зоотехников-селекционеров из всех областей Республики Беларусь.

В сфере научных интересов сотрудников кафедры входят вопросы разработки научно-теоретической основы создания высокопродуктивных селекционных молочных стад крупного рогатого скота, совершенствования существующих пород, линий и семейств сельскохозяйственных животных, ДНК-диагностика для прогнозирующего отбора и повышения эффективности селекционно-племенной работы в молочном скотоводстве.

Телефон для справок: 8 (0212) 51-70-15

Приглашаем к сотрудничеству!

УО «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 5 факультетов: ветеринарной медицины; биотехнологический; повышения квалификации и переподготовки кадров агропромышленного комплекса; заочного обучения; довузовской подготовки профориентации и маркетинга. 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 ПВМиБ).

В настоящее время в академии обучается около 6 тысяч студентов, как из Республики Беларусь, так и из стран ближнего и дальнего зарубежья. Учебный процесс обеспечивают около 350 преподавателей. Среди них 7 академиков и членов-корреспондентов Национальной академии наук Беларуси и ряда зарубежных академий, 24 доктора наук, профессора, более чем две трети преподавателей имеют ученую степень кандидатов наук.

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 НИИ ПВМиБ, 24 кафедральных научно-исследовательских лабораторий, учебно-научно-производственного центра, филиалов кафедр на производстве. В состав НИИ входит 7 отделов: клинической биохимии животных; гематологических и иммунологических исследований; физико-химических исследований кормов; химико-токсикологических исследований; мониторинга качества животноводческой продукции с ПЦР-лабораторией; световой и электронной микроскопии; информационно-маркетинговый. Располагая уникальной исследовательской базой, научно-исследовательский институт выполняет широкий спектр фундаментальных и прикладных исследований, осуществляет анализ всех видов биологического материала (крови, молока, мочи, фекалий, кормов и т.д.) и ветеринарных препаратов, 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.

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 – 2009).

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 ПВМиБ); E-mail: vsavmpriem@mail.ru.

Учебное издание

Вишневец Андрей Васильевич,
Соболева Валентина Федоровна,
Видасова Татьяна Викторовна и др.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО ГЕНЕТИКЕ С ОСНОВАМИ БИОМЕТРИИ

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск А. В. Вишневец
Технический редактор Е. А. Алисейко
Компьютерный набор О. Л. Будревич
Компьютерная верстка Е. А. Алисейко
Корректор Е. В. Морозова

Подписано в печать 24.03.2016 г. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.
Усл. п. л. 2,75. Уч.-изд. л. 1,89. Тираж 220 экз. Заказ № 1587.

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.

ЛИ №: 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

ISBN 978-985-512-896-1



9 789855 128961