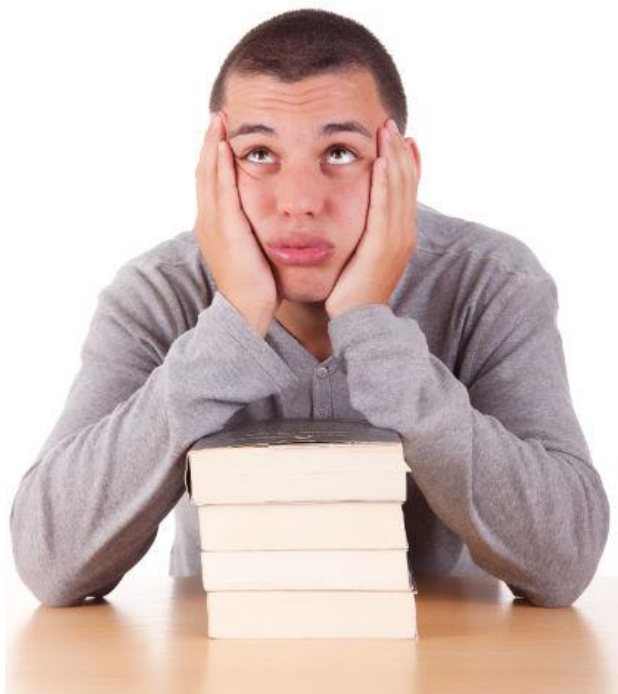


МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
Всесоюзный ордена «Знак Почета»
сельскохозяйственный институт заочного образования

ГЕНЕТИКА С БИОТЕХНОЛОГИЕЙ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ
И ЗАДАНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

студентам-заочникам сельскохозяйственных вузов
по специальностям: 31.07– «Зоотехния» и 01.09 – «Биология»
(по дисциплине «Генетика»)



Составители: доцент Г.Г. Щесь, доцент В.В. Попов

УДК 575(075.5)

Генетика с биотехнологией: Методические указания по изучению дисциплины и задание для контрольной работы /Всесоюзн. с.-х. ин-т заоч. образования. Сост. Г.Г. Щесь, В.В. Попов. М., 1992. 57 с.

Предназначены для студентов-заочников 2 и 3 курса
Табл. 2. Ил. 2.

Утверждены методической комиссией зооинженерного факультета
Рецензенты: А.В. Бакай, доцент, А.П. Храмов, ассистент (Московская ветеринарная академия им. К. И. Скрябина).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Раздел 1. Общие методические рекомендации по изучению дисциплины	3
Раздел 2. Методические указания по изучению содержания тем и разделов курса.....	7
Раздел 3. Контрольные задания	42
Таблица с номерами вопросов контрольной работы.....	45

Раздел 1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Генетика – наука о наследственности и изменчивости животных, растений, микроорганизмов. Становлению и развитию генетики способствовал целый ряд крупных обобщений в биологии и научных открытий. Важнейшими из них являются: клеточная теория М. Я. Шлейдена и Т. Шванна (1838 г.); эволюционное учение Ч. Дарвина (1859 г.); закономерности наследования признаков, установленные Г. Менделем (1865 г.); теория мутации С. И. Коржинского (1899 г.) и Г. де Фриза (1903 г.); учение о популяции В. Иоганнсена (1903 г.); хромосомная теория наследственности Т. Г. Моргана (1910 г.); закон гомологических рядов в наследственной изменчивости, сформулированный Н. И. Вавиловым (1923 г.); концепция о молекулярной основе наследственности и изменчивости организмов Н. К. Кольцова (1936 г.); открытие О. Эвери (1944 г.) о сосредоточении наследственной информации в молекулах ДНК; создание Д. Уотсоном и Ф. Криком модели строения ДНК (1953 г.); расшифровка Ф. Криком, М. Ниренбергом, Д. Маттеи и С. Очоа (1961-1964 гг.) универсального генетического кода наследственной информации и синтеза белка в клетках организмов.

Согласно программе, студенты зооинженерного факультета специальности «Зоотехния» изучают генетику с биотехнологией на третьем курсе. На изучение предмета отводится 100 учебных часов, в том числе 18 часов на курс лекций, 26 часов на лабораторно-практические занятия, 2 часа на установочные занятия и 54 часа на самостоятельную работу.

Распределение учебного времени для изучения курса следующее: самостоятельная работа студентов в межсессионный период 82 часа, установочные занятия 2 часа, курс лекций 10 часов и лабораторно-практические занятия 16 часов. Детальное распределение учебного времени по отдельным темам программы представлено в таблице, а рекомендуемые литературные источники в библиографическом списке. В таблице полное название учебников и учебных пособий не приводится, а делается ссылка на их порядковый номер в общем списке литературы.

Генетика как ведущая наука современной биологии является теоретической основой селекции животных и оказывает существенное влияние на научно-технический прогресс в животноводстве, ветеринарии, медицине.

Распределение учебного времени для изучения содержания курса

Наименование разделов и тем курса	Распределение времени						Литература (наименование, раздел, страни- ца)
	всего	установ. занятия	лекции	лаб.- практ. занятия	само- стоят. работа	6	
1	2	3	4	5	6	7	
1. Введение. Предмет и методы генетики. Вязыды наследственности и изменчивости	*1(2)**	—	1—	—	—(2)	3, с. 20—26; 7, с. 135—174	
2. Цитологические основы наследственности	10(8,5)	—	2(0,5)	—	8(8)	3, с. 27—47; 7, с. 9—27	
3. Закономерности наследования признаков при половом размножении	16(12)	—	2(2)	6(2)	8(8)	3, с. 102—105; 4, с. 131—135	
4. Хромосомная теория наследственности	2(9)	—	2(1)	—	—(8)	1, с. 133—134; 3, с. 73—82; 4, с. 165—196	
5. Генетика пола	4(5)	—	2(1)	—	2(2)	1, с. 134—152; 3, с. 134—152; 7, с. 70—82	
6. Молекулярные основы наследственности	2(0,5)	—	2(0,5)	—	—	3, с. 83—111; 11, с. 82—135	
7. Биотехнология и генетическая инженерия	8(6,5)	—	2(0,5)	—	6(6)	5, с. 69—118; 6, с. 4—200	
8. Генетические и биотехнологические основы индивидуального развития	7(6)	—	1—	—	6(6)	3, с. 153—169	
9. Мутационная изменчивость	1(7)	—	1(1)	—	—(6)	1, с. 216—252 3, с. 112—133	

Распределение учебного времени для изучения содержания курса

10. Биометрические методы анализа изменчивости и наследственности признаков у животных	16(18)	—	—	16(12)	—(6)	1, с. 19—49; 3, с. 170—227; 11, с. 49—60
11. Генетика количественных признаков	11(8)	—	1—	4(2)	6(6)	1, с. 317—346; 3, с. 228—242
12. Генетика популяций	3(3)	—	1(1)	—	—(4)	1, с. 279—310; 3, с. 243—260
13. Инбридинг, инбредная депрессия и гетерозис	4—	—	—	—	4—	3, с. 261—270; 9, с. 380—385
14. Генетика иммунитета, аномалий и болезней	4(5)	—	—(1)	—	4(4)	3, с. 271—289; 7, с. 250—275
15. Иммуногенетический и биохимический полиморфизм белков и их использование в биотехнологии и селекции	3(2)	—	1—	—	2(2)	3, с. 290—305; 7, с. 228—249
16. Генетика поведения и ее селекционное значение	2(2)	—	—	—	2(2)	3, с. 306—313
17. Частная генетика основных видов сельскохозяйственных животных (крупный рогатый скот, свиньи, лошади, куры, овцы, пушные звери, собаки)	4(9,5)	—	—(0,5)	—	4(6)	3, с. 314—385; 8, с. 15—45
18. Генетика и эволюционное учение	(2(7)	—	—(1)	—	2(6)	3, с. 386—399; 7, с. 50—65
Итого по курсу:	100(110)	2(2)	18(10)	26(16)	54(82)	

Примечание: * Количество учебных часов без скобок — для специальности 31.07 — «Зоотехния»;
**Количество учебных часов в скобках — для специальности 01.09 — «Биология».

В межсессионный период и на лабораторно-экзаменационной сессии студенты осваивают основные законы наследственности и изменчивости живых организмов (менделизм, хромосомная теория наследственности Моргана, генетика пола, законы популяционной генетики). В результате изучения курса будущие специалисты приобретают навыки по проведению генетического эксперимента, правильному оформлению схем моногибридного и дигибридного скрещивания, по применению популяционно-генетических закономерностей и расчетов в практике разведения сельскохозяйственных животных. На лабораторно-практических занятиях значительное место отводится биометрическим методам анализа качественных признаков животных.

Библиографический список

(список новых учебников см.: Приложение 1, с. 57)

1. *Иванова О.А.* Генетика: Учебник для сельскохозяйственных вузов, 2-е изд., перераб. и доп. М: Колос, 1974.– 431 с.
2. *Меркурьева Е.К., Абрамова З.В., Бакай А.В.* Генетика с основами биометрии: Учебник для вузов. М.: Агропромиздат, 1991.– 600 с.
3. *Меркурьева Е.К., Шангин-Березовский Г.Н.* Генетика с основами биометрии: Учебное пособие для с.-х. вузов. М.: Колос, 1983.–400 с.
4. *Ларцева С.Х., Муксинов М.К.* Практикум по генетике: Учебное пособие для сельскохозяйственных вузов. М.: Агропромиздат, 1985.– 288 с.
5. *Завертяев Б.П.* Биотехнология в воспроизводстве и селекции крупного рогатого скота. Л.: Агропромиздат, 1989.– 254 с.
6. *Квасницкий А.В., Мартыненко Н.А., Близнюченко А.Г.* Трансплантация эмбрионов и генетическая инженерия в животноводстве. –Киев: Урожай, 1988 – 261 с.
7. *Петухов В.Л., Жигачев А.И., Назарова Г. А.* Ветеринарная генетика с основами вариационной статистики: Учебник для сельскохозяйственных вузов. М.: Агропромиздат, 1985. – 369 с.
8. *Ильина Е.Д., Кузнецов Г.А.* Основы генетики и селекции пушных зверей. М.: Колос, 1984.–280 с.
9. *Дубинин Н.П.* Общая генетика. 3-е изд., М: Наука, 1986.–590 с.
10. *Лобашев М.Е.* Генетика: Учебник для биологических факультетов* Л.: ЛГУ, 1967. 751 с.
11. *Меркурьева Е.К.* Биометрия в селекции и генетике сельскохозяйственных животных: Учеб. пособие для с.-х. вузов. М.: Колос, 1970.– 206 с.
12. *Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В.* Краткий очерк теории эволюции. М.: Наука, 1977.– 407 с.

Раздел 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ СОДЕРЖАНИЯ ТЕМ И РАЗДЕЛОВ КУРСА

ВВЕДЕНИЕ. ПРЕДМЕТ И МЕТОДЫ ГЕНЕТИКИ

1. Виды наследственности и изменчивости

При изучении материала этой темы, прежде всего, необходимо уяснить, что наследственность и изменчивость являются важнейшими свойствами, характерными для всех живых организмов.

Затем следует познакомиться с видами наследственности (ядерная – хромосомная и внеядерная – цитоплазматическая) и причинами, их обуславливающими.

Обратите внимание на то, что изменчивость может быть наследственной и ненаследственной. Их отличие в том, что в первом случае возникшие изменения передаются следующим поколениям, а во втором – не передаются. Характер изменений и причины, их вызывающие, настолько различны, что появилась необходимость в классификации явлений изменчивости.

В теме изучается современная классификация изменчивости. Согласно последней установлена комбинативная, коррелятивная, мутационная и модификационная изменчивость. Студент должен изучить суть каждого вида изменчивости, обратив особое внимание на факторы, их определяющие: при комбинативной изменчивости – независимое расхождение хромосом в мейозе и кроссинговер; при коррелятивной – взаимосвязь между признаками и плейотропное действие генов; при мутационной – изменения генетического материала на разных уровнях (генном, хромосомном, геномном); при модификационной (паратипической) – факторы внешней среды, в частности условия кормления и содержания сельскохозяйственных животных.

Завершить изучение темы следует выяснением значения разных видов наследственности и изменчивости в практике животноводства.

Вопросы для самопроверки

1. Какие виды наследственности Вы знаете?
2. Что такое комбинативная изменчивость и каковы причины ее возникновения?

3. Какая изменчивость называется коррелятивной и каково ее значение в племенной работе?
4. Что такое мутационная изменчивость? Что является причиной возникновения мутаций?
5. Что следует понимать под модификационной изменчивостью?

2. Цитологические основы наследственности

Эта тема посвящена изучению материальных основ наследственности. Основное внимание здесь обращено на строение и функции тех органов клетки, которые играют ведущую роль в осуществлении наследственности (ядро, хромосомы, митохондрии, рибосомы).

Материальными носителями наследственной информации являются хромосомы клеточного ядра. Поэтому для каждого вида животных и растений характерны совокупность их числа, размеров и морфологии (кариотип).

В этой связи в цитогенетике установлены следующие основные правила: постоянства числа хромосом (Т. Бовери), индивидуальности хромосом (С. Г. Навашин) и парности (гомологичности) хромосом (С.Г. Навашин) (7, гл. III, с. 32).

Студенту важно запомнить числа хромосом основных видов сельскохозяйственных и промысловых животных.

В онтогенезе передача наследственной информации от одного клеточного поколения к другому осуществляется в процессе непрямого деления клеток – митоза.

Рассматривая фазы митоза, необходимо основное внимание обратить на те из них, которые обеспечивают сохранение диплоидного (идентичного материнскому) набора хромосом в дочерних клетках.

Далее в этой теме рассматриваются цитологические основы полового размножения у животных и растений (мейоз, гаметогенез, оплодотворение). Необходимо обратить внимание на то, что мейоз, в отличие от митоза, заканчивается образованием дочерних клеток с гаплоидным (одинарным) набором хромосом в результате двух последовательных делений клеток – редукционного и эквационного.

Биологическое значение мейоза заключается, с одной стороны, в уменьшении вдвое исходного числа хромосом, а с другой, – в увеличении комбинативной изменчивости в результате следующих процессов:

- 1) возможного обмена идентичными участками гомологических хромосом (кроссинговер);
- 2) свободного перекомбинирования хромосом отцовского и материнского наборов и их независимого расхождения к полюсам в анафазе редукционного деления, ведущего к генетической неравнозначности образующихся гамет, качественно не тождественных друг другу и исходной клетке.

Генетическое значение оплодотворения заключается в том, что после слияния женской и мужской гамет в зиготе восстанавливается характерный для данного вида диплоидный набор хромосом. Образование зиготы и развитие из нее особи в процессе онтогенеза (индивидуального развития) являются характерными чертами полового размножения.

Вопросы для самопроверки

1. Какие органоиды клетки играют решающую роль в осуществлении наследственности?
2. Что такое гаплоидный и диплоидный наборы хромосом? Назовите диплоидные числа хромосом у основных видов сельскохозяйственных животных.
3. Что такое кариотип и каковы его особенности у разных видов животных?
4. В чем заключается генетическая сущность митоза?
5. В чем заключается генетическая сущность мейоза?
6. В результате каких процессов мейоза создаются материальные предпосылки увеличения комбинативной изменчивости?
7. Каково генетическое значение оплодотворения?
8. В чем отличия полового и бесполого размножения?

3. Закономерности наследования признаков при половом размножении

Закономерности наследования признаков при половом размножении были установлены Г. Менделем. Поэтому изучение

темы следует начать с выяснения значения его работ, заключающегося в разработке метода гибридологического анализа, использования математики в биологических экспериментах, построении гипотезы наследственных факторов (в современном понимании – генов), введении буквенной символики для обозначения генов и, наконец, научной разработки правил наследования признаков, названных после их вторичного открытия (1900 г.) законами Менделя.

Для понимания гибридологического метода генетического анализа и закономерностей наследования признаков необходимо иметь четкое представление о генотипе и фенотипе, аллелях и сериях аллелей, гомо- и гетерозиготности, доминировании и его типах (полное; неполное; кодоминирование; доминирование, связанное с полом; доминирование при множественных аллелях), типах скрещиваний (реципрокное, возвратное, анализирующее, моногибридное, полигибридное). Следует иметь в виду, что использование гибридологического метода для анализа наследования признаков на любых видах животных или растений предусматривает проведение следующих скрещиваний:

1) скрещивание родительских форм (P), различающихся по одной (моногибридное скрещивание) или нескольким парам (полигибридное скрещивание) альтернативных признаков и получение гибридов первого поколения (F_1);

2) скрещивание гибридов F_1 между собой и получение гибридов второго поколения (F_2);

3) возвратное скрещивание гибридов F_1 с материнской и отцовской формами и получение гибридов (F_a);

4) математический анализ результатов скрещивания.

Студент должен знать формулировку законов Менделя, уяснить понятия «генотип», «фенотип», «аллельные гены» и уметь составлять схемы скрещиваний по принятой в генетике форме. Форму схем скрещиваний можно рассмотреть на примере наследования черно-пестрой и красно-пестрой масти у голштино-фризского скота. От исходных родительских пар получают несколько животных F_1 а их спаривание приводит к получению второго поколения F_2 . Так как черная масть доминирует над красной, обозначим ген черной масти заглавной буквой «В», а ген красной масти – малой буквой «в». На схеме дается анализ генотипов, фенотипов (в долях), сортов (типов) гамет.

Схема моногибридного скрещивания

Родители	P: ♀ ВВ	×	♂ вв
Фенотип	P: черная масть		красная масть
Типы гамет	P: (В) (В)		(в) (в)
	F ₁ : ♀ Вв	×	♂ Вв
Фенотип	F ₁ : Все 100% черной масти		
Типы гамет	F ₁ (В) (в)		(В) (в)
	F ₂ 1/4 ВВ : 2/4 Вв : 1/4 вв		
Расщепление по фенотипу:	3/4 черные : 1/4 красные		
по генотипу:	1 : 2 : 1		

Более сложны схемы дигибридных скрещиваний, когда запись генотипов и фенотипов F₂ ведется с использованием решетки Пеннета. Рассмотрим межпородное скрещивание абердин-ангусского скота с шортгорнским. Абердин-ангусы имеют черную масть, они комолые, тогда как масть шортгорнов красная, они рогатые. Доминантные признаки: черная масть (ген «В»), комолость (ген Р); рецессивные признаки: красная масть (ген «в»), рогатость (ген «р»).

Схема дигибридного скрещивания

Родители	P: ♀ ВВРР	×	♂ ввrr
Фенотип	P: абердин-ангус, черная комолая		шортгорн красный рогатый
Типы гамет	P: (ВР) (ВР)		(вр) (вр)
	F ₁ : ♀ ВвRr	×	♂ ВвRr
Фенотип	F ₁ : Все 100% черные комолые		
Типы гамет	F ₁ : (ВР) (Вr) (vP) (vr)		(Вr) (Vr) (vP) (vr)

		♀ ♂		ВР	Вр	вР	вр
		ВР	ВВРР черн. ком.	ВВРр черн. ком.	ВвРР черн. ком.	ВвРр черн. ком.	
F₂	Вр	ВВРр черн. ком.	ВВрр черн. рог.	ВвРр черн. ком.	Вврр черн. рог.		
	вР	ВвРР черн. ком.	ВвРр черн. ком.	ввРР красн. ком.	ввРр красн. ком.		
	вр	ВвРр черн. ком.	Вврр черн. рогат.	ввРр красн. ком.	вврр красн. рог.		

Расщепление по фенотипу : 9 : 3 : 3 : 1
 черн. ком. черн. рог. красн. ком. красн.рог.

Обратите внимание на однородность фенотипа в F_1 (все животные черные комолые), на разнообразие сортов женских и мужских гамет (4 сорта) и на соотношение фенотипов при расщеплении в F_2 (9 : 3 : 3 : 1).

Обязательным условием составления схем моногибридного и полигибридного скрещивания является правильное написание формул гамет. Гаметы несут лишь по одной из гомологических хромосом, то есть по одной аллели каждого гена. Поэтому у гомозигот всегда образуется по одному типу гамет:

Генотипы

Формулы гамет

АА
 аа ААВВ
 аавв
 ААВВСС
 ааввсс

А
 аАВ
 ав
 АВС
 авс

Иная картина наблюдается у гетерозигот: при моногибридном скрещивании у гетерозигот (Aa) число типов гамет равно $2^1 = 2$ (A; a).

У гетерозигот по двум парам аллелей (AaBb) разные аллели каждого гена локализованы в разных хромосомах (аллели «А» и «а» – в одной паре гомологов, аллели «В» и «в» – в другой), которые ведут себя независимо при образовании дочерних клеток в мейозе. При этом хромосома, несущая аллель «А», может отойти в дочернюю клетку как с хромосомой, несущей ген «В», так и с хромосомой, несущей аллельный ген «в». В свою очередь, хромосома с аллелью «а» может с равной вероятностью отойти в дочернюю клетку как с хромосомой, несущей аллель «В», так и с хромосомой, несущей аллель «в».

Значит, у дигетерозигот (AaBb) образуется $2^2 = 4$ типа гамет (AB; Ab; aB; ab); у тригетерозигот – $2^3 = 8$ типов и т. д. Количество типов гамет определяется по формуле 2^n (n – число анализируемых пар признаков). Аналогично устанавливается также количество возможных фенотипических классов, генотипических классов и число комбинаций скрещиваний во втором поколении. Например, для дигибридного скрещивания можно установить

число типов гамет в F_1	$2^2 = 4$
число фенотипических классов в F_2	$2^2 = 4$
число генотипических классов в F_2	$3^2 = 9$
число комбинаций скрещивания	$4^2 = 16$

При изучении материала обратите внимание на случаи нарушений закономерных расщеплений по фенотипу, вызванных летальным действием отдельных генов, составьте и проанализируйте несколько схем скрещиваний, иллюстрирующих действие летальных генов у разных видов животных.

При изучении наследования признаков установлено, что на один и тот же признак могут оказывать влияние несколько пар неаллельных генов, вступающих во взаимодействие. Различают следующие типы взаимодействия неаллельных генов: новообразование, комплементарное взаимодействие, эпистаз и полимерия. Необходимо изучить эти типы взаимодействия и разобраться в схемах скрещиваний.

Примеры для составления схем скрещиваний и их генетического анализа можно взять в вопросах для контрольной работы, № 62–97.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы основные принципы гибридологического анализа?
2. Какое скрещивание называется моногибридным?
3. Что такое гомозиготность и гетерозиготность?
4. Что понимается под реципрокным и анализирующим скрещиванием?
5. Какие законы наследования признаков сформулировал Г. Мендель?
6. Что такое доминантность и рецессивность?
7. Какие установлены типы доминирования?
8. Какое скрещивание называется дигибридным?
9. Какие вы знаете типы взаимодействия генов?
10. Что такое летальные гены и каково их действие?

4. Хромосомная теория наследственности

Созданию хромосомной теории наследственности предшествовал целый ряд исследований, в которых было установлено, что для каждого вида характерно определенное и постоянное число хромосом (крупный рогатый скот: $2n = 60$; овца: $2n = 54$; и т. д.). Количество же признаков и генов их контролирующих, значительно больше, чем число пар хромосом. Так, у дрозофилы, например, известно около 1000 генов, в то время как хромосом всего 4 пары. Это означает, что в каждой хромосоме локализован не один, а множество генов, расположенных линейно друг за другом. Они передаются все вместе (сцепленно) сначала в гамету, а затем и следующему поколению.

Гены, локализованные в одной хромосоме, образуют группу сцепления. Число групп сцепления соответствует количеству хромосом в гаплоидном их наборе. Признаки, гены которых локализованы в одной хромосоме, называются сцепленными. При сцеплении признаков независимого их комбинирования в последующих поколениях не наблюдается.

При изучении сцепления признаков (генов) используется специальная символика, рекомендованная XII Международным генетическим конгрессом в Токио (1966). Хромосомы обозначаются черточками, а локализованные в них гены, контролирующие развитие признака, – соответствующими буквенными символами.

Форма записи генотипов

1. Гены расположены в разных хромосомах:

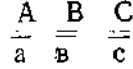
моногибрид



дигибрид

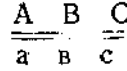
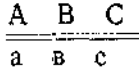


тригибрид

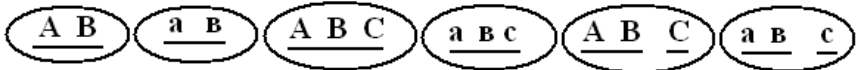


В отличие от зиготы, строение гаметы принято обозначать только од-

сцеплены два гена сцеплены три гена сцеплены только
два первых гена



ной горизонтальной чертой (хромосомой), так как в гаметогенезе произошло разъединение гомологичных хромосом, и теперь каждая гамета обладает только одной хромосомой из пары и, следовательно, одним набором генов. Формулу гамет можно окружить кружочком (или овалом), например:



Кроме того, при составлении схем скрещивания можно пользоваться зарисовкой хромосом.

Рассмотрим сцепление генов и схему наследования сцепленных генов на примере следующих признаков домашней курицы:

голубая окраска яиц
обычная (норм.) окраска
гороховидный гребень
простой гребень

— доминантный ген O
— рецессивный ген o
— доминантный ген P
— рецессивный ген p

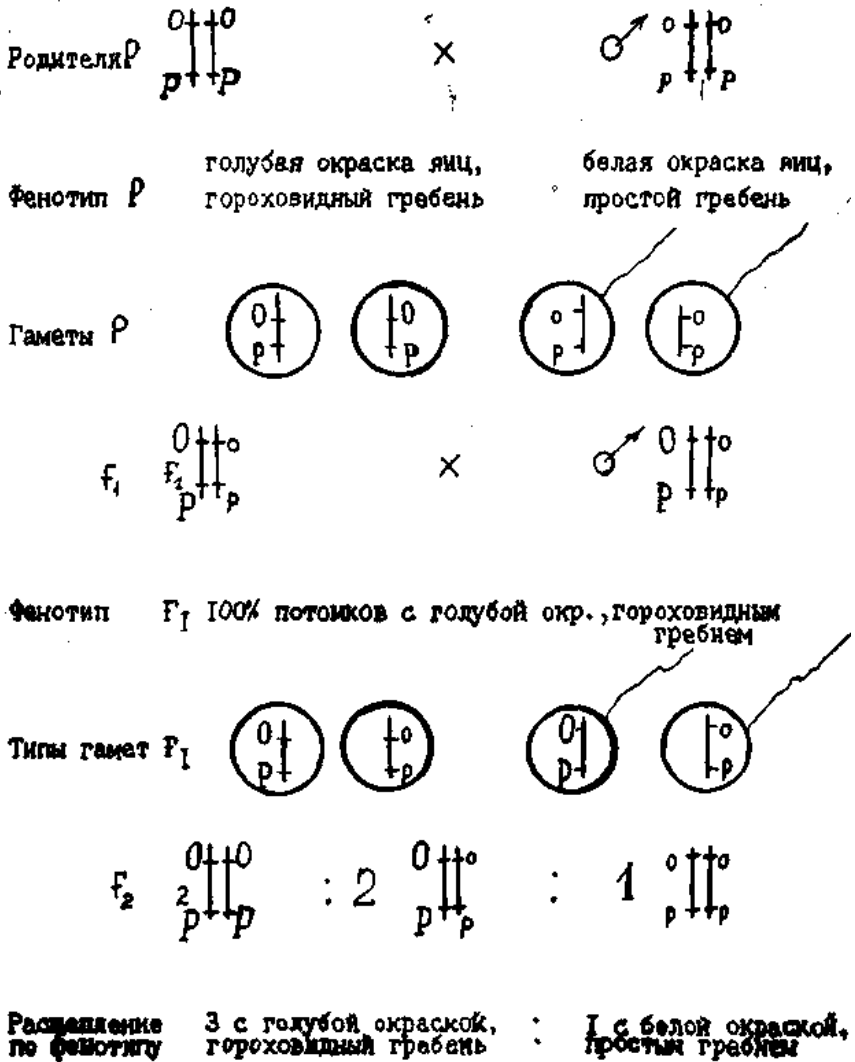


Рис.1 Схема наследования сцепленных признаков

Подробно вопрос о сцепленном наследовании с соответствующими схемами скрещиваний изложен в «Практикуме по генетике» [4, с. 105–107; 129–133].

Обратите внимание на то, что сцепление между признаками не всегда бывает полным. Причиной нарушения сцепления между признаками (неполное сцепление) является возможный в мейозе кроссинговер (перекрест хромосом). Наследование признаков при нарушении сцепления показано в учебниках на схемах скрещиваний [1, с.123, рис.40-а; 3, с.76, рис. 11; 4, с.180, рис. 22].

Изучая этот материал, обратите внимание на то, что частота кроссинговера а зависит от расстояния между генами – чем ближе расположены гены в хромосоме, тем реже возможно нарушение их сцепления. Отсюда по частоте кроссинговера можно судить о расстоянии между генами, за единицу которого принята сантиморганида, равная 1% кроссоверных (с нарушенным сцеплением признаков) особей. Зная расстояние между генами, можно построить карты хромосом. Выясните, для каких видов составлены карты хромосом.

Тема завершается рассмотрением основных положений сформулированной Т. Морганом хромосомной теории наследственности, знание которых обязательно.

Вопросы для самопроверки

1. Что означает сцепление генов? Какие признаки называются сцепленными?
2. Что такое «группа сцепления»? Какое количество групп сцепления у разных видов домашних и промысловых животных?
3. Что является причиной нарушения сцепления между признаками?
4. В каких единицах измеряется расстояние между генами в хромосоме?
5. Как определяется частота перекреста между двумя генами, локализованными в одной хромосоме?
6. Сформулируйте основные положения хромосомной теории наследственности.

5. Генетика пола

Проблема пола в зоотехнии имеет большое значение в связи с разной продуктивностью особей мужского и женского пола.

Сначала необходимо уяснить две формы определения пола, характерные для сельскохозяйственных животных: прогамное определение (пол потомка определяется в процессе образования гамет, например у птиц) и сингамное определение (пол потомка, определяется в момент слияния гамет, например у млекопитающих). (*Существует ещё и эпигамное определение пола. Прим. В.Кр.*)

В основе равного количества самок и самцов (1:1) у высших животных лежит хромосомный механизм определения пола. При этом мужской или женский пол детерминируется сочетанием половых хромосом X и Y. Остальные хромосомы, названные аутосомами (их набор обозначается буквой A), не влияют на развитие и формирование пола.

В хромосомном наборе самок млекопитающих содержится две гомологичные хромосомы X. В хромосомном наборе самцов имеется лишь одна X-хромосома, тогда как вторая половая хромосома – Y-хромосома – не является ее гомологом и содержит другой генетический материал.

У самок млекопитающих образуется один тип гамет с гаплоидным набором аутосом и одной X-хромосомой (A+X), поэтому женский пол назван гомогаметным. У самцов формируется два типа гамет – с X-хромосомой (A + X) и с Y-хромосомой (A+Y), вследствие чего мужской пол гетерогаметен. У птиц, тутового шелкопряда и других видов женский пол гетерогаметный, а мужской – гомогаметный. Пол организма можно также представить, как альтернативный наследственный признак, а соотношение самок и самцов – соответствующим расщеплению 1 : 1 (50% :50%) при анализирующем скрещивании. Это можно проиллюстрировать на следующей схеме:

	Млекопитающие				Птицы			
	♀ XX		♂ XY		♀ XY		♂ XX	
Гаметы P	(X)	(X)	(X)	(Y)	(X)	(Y)	(X)	(X)
F ₁	XX		: XY		XY		: XX	
Соотношение потомков								
F ₁	50% ♀		: 50% ♂		50% ♀		: 50% ♂	
	1 : 1				1 : 1			

Наряду с характерным для высших животных хромосомным определением пола, у ряда видов существуют и другие/

СХЕМА НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКА, СЦЕПЛЕННОГО С ПОЛОМ

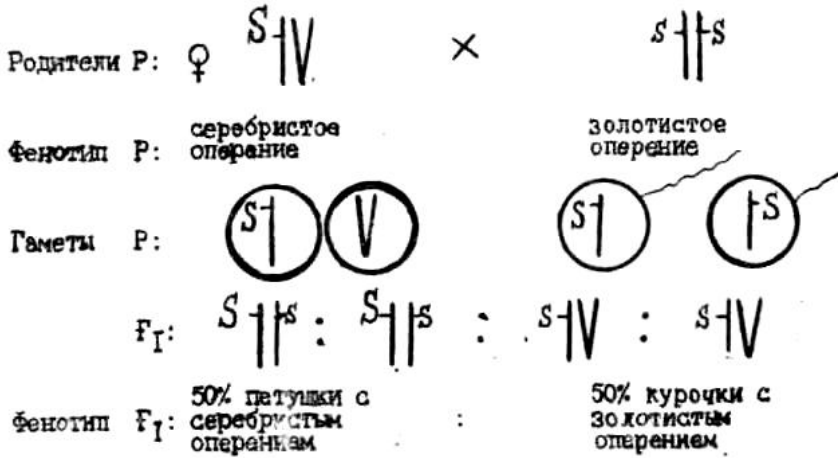


Рис. 2

Рис. 2. Схема наследования признака, сцепленного с полом.

механизмы. Например, у дрозофилы и других насекомых пол особи определяется балансом генов, контролирующих формирование мужского и женского пола, которые локализованы в X-хромосоме и в аутосомах: пол зависит от соотношения (баланса) числа X-хромосом и наборов аутосом, то есть от соотношения X:A. Эти факты объясняет балансовая теория, суть которой изложена в учебниках [1, с. 138–139; 3, с. 137].

Обратите внимание на признаки, сцепленные с полом; гены, контролирующие эти признаки, локализованы в половых хромосомах – в основном в X-хромосоме, а Y-хромосома содержит небольшое их число.

Составление схем скрещивания с участием признаков, сцепленных с полом, можно рассмотреть на примере серебристости (ген S) и золотистости (ген s) оперения у кур. Эти гены локализованы в X-хромосоме.

Особенности наследования признаков, сцепленных с полом и схемы скрещиваний представлены в учебниках [3, с. 143–150; 7, с. 148–151; 5, с. 165–175].

В практике животноводства возникла необходимость преимущественного получения особей того или другого пола, что поставило перед генетикой проблему искусственного регулирования пола. Познакомьтесь с работами отечественных и зарубежных ученых, направленными на ее решение.

Большой интерес с точки зрения искусственной регуляции пола представляют нерегулярные типы полового размножения – партеногенез, андрогенез и гиногенез.

Вопросы для самопроверки

1. Чем отличаются наборы хромосом самок и самцов у млекопитающих и птиц?
2. Какой пол называется гомогаметным, а какой гетерогаметным?
3. Какие признаки называются сцепленными с полом? Каковы особенности их наследования?
4. Что такое гомозиготность?
5. В чем заключается сущность балансовой теории определения пола?
6. Как можно объяснить генетическую природу бисексуальности организмов?
7. Какие исследования свидетельствуют о возможности искусственной регуляции пола?

6. Молекулярные основы наследственности

В данном разделе изучаются следующие вопросы: структура и функции нуклеиновых кислот (ДНК, РНК); генетический код и его основные свойства; строение, функции и основные свойства гена; строение и функционирование генетического материала у прокариот (бактерий, вирусов, фагов, плазмид); генетическая инженерия, ее методы и практическое значение.

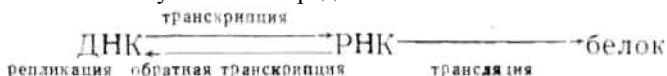
Необходимо вначале ознакомиться с экспериментами Ф. Гриффита и О. Эвери по генетической трансформации у пневмококков, в которых было доказано, что генетическая информация обусловлена дезоксирибонуклеиновой кислотой (ДНК).

Важным открытием в молекулярной генетике явилось установление Дж. Уотсоном и Ф. Криком структуры молекулы ДНК в виде двойной спирали.

ДНК является полимером, состоящим из мономеров – нуклеотидов, которые различаются только одним из четырех азотистых оснований (аденин – А, гуанин – Г, цитозин – Ц, тимин – Т). Обратите внимание на правило Чаргаффа, согласно которому нити ДНК соединяются между собой на основе взаимодополняемости (комплементарности) этих оснований (А–Т, Г–Ц). Именно этот принцип лежит в основе репликации (самоудвоения) ДНК – каждая одиночная нить как бы достраивает дочернюю комплементарную нить. У всех живых организмов основные черты строения ДНК одинаковы, а ее специфичность определяется различной последовательностью азотистых оснований.

После ознакомления со строением и особенностями репликации ДНК переходите к изучению строения, типов и функций РНК. Выясните при этом основные отличия РНК от ДНК. Обратите внимание на размеры молекул разных типов РНК.

В соответствии с центральной догмой Ф. Крика, генетическая информация от гена к молекуле белка передается по схеме:



После изучения этих вопросов необходимо внимательно ознакомиться с проблемой генетического кода и биосинтеза белка. В 50-60-е годы были установлены основные понятия

генетического кода: нуклеотид ДНК или РНК – это «буква языка»; триплет или кодон (три нуклеотида) – «Слово языка»– соответствует аминокислоте, а ген (около 1000 пар азотистых оснований) – «фраза», в соответствии с которой синтезируется полипептидная цепь. Генетический код состоит из 64 триплетов ($4^3 = 64$), кодирующих 20 аминокислот [3, с. 92; с. 200].

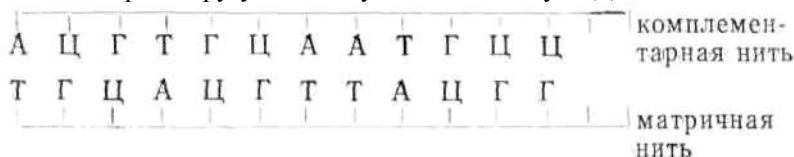
Ознакомившись с генетическим кодом синтеза белка, рассмотрите процесс синтеза полипептидной цепи аминокислот в цитоплазме. В нем участвуют рибосомы, иРНК, тРНК, ферменты. Это последний этап перехода генетической информации от гена к структуре белка, или трансляция.

Пример. В одной из цепочек молекулы ДНК (матричная нить) нуклеотиды чередуются следующим образом: Т–Г– Ц–А–Ц–Г–Т–Т–А–Ц–Г–Г. Выясните, какова последовательность нуклеотидов в другой (комплементарной) нити этой же молекулы ДНК. Проведите транскрипцию и трансляцию генетической информации. Выясните, как изменится состав первичной структуры белка, если в матричной цепочке ДНК произойдет мутация вставки нуклеотида Ц между третьим и четвертым нуклеотидами.

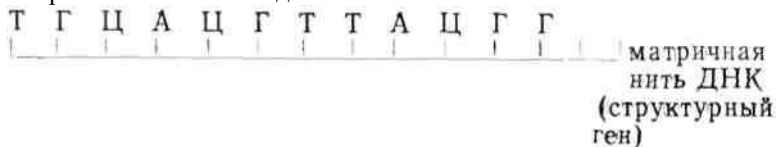
Для решения задачи необходимо ознакомиться со словарем генетического кода. Обратите внимание на то, что одна и та же аминокислота может кодироваться несколькими триплетами (кодонами) – двумя, четырьмя, шестью. При решении задач следует использовать лишь один из имеющихся триплетов (любой).

Решение.

1. Построим другую цепочку этой же молекулы ДНК

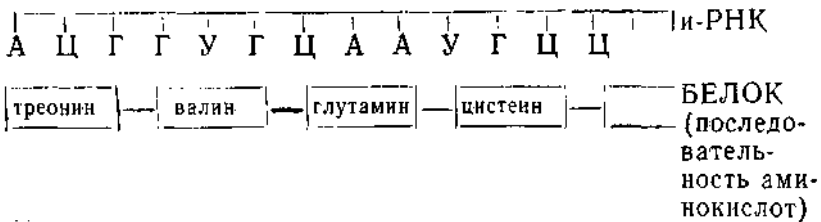


2. Проведем считывание генетической информации с матричной нити ДНК (транскрипцию), а также трансляцию этой информации с помощью словаря генетического кода





3. В ходе плюс-мутации произошла вставка нуклеотида Ц между третьим и четвертым нуклеотидами. В результате трансляции изменится иРНК (информационная РНК), а также набор аминокислот в полипептидной цепи белка.



В целях закрепления этого материала решите несколько задач, имеющих в вопросах для контрольной работы (№ 112–117) и в практикуме по генетике [4, с. 197–207].

В современном понимании ген представляет собой целостную структуру, состоящую из определенного участка ДНК. Он является элементарной единицей наследственности, стойко воспроизводящейся в поколениях и контролирующей развитие определенного признака. Особое внимание обратите на основные свойства гена, а именно:

- 1) постоянство (стабильность ДНК, стабильность фенотипа);
- 2) дискретность (существование конкретного гена как строго очерченного участка ДНК на фоне непрерывной последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК);

3) аллельность (существование гена в двух или нескольких состояниях, имеющих различное фенотипическое проявление);

4) другие свойства (градуальность, специфичность, способность к плейотропии и полимерии).

Отметьте, что в составе генов имеются транскрибируемые участки, несущие информацию о структуре белка (экзоны); участки, не несущие такой информации (интроны); а также регуляторные участки для опознания гена и точки начала считывания при транскрипции.

Важным вопросом этого раздела является генетическая инженерия. Ее задачи связаны с получением генов путем их синтеза или выделения из одних клеток и последующего переноса таких генов и генетических структур или их копий в другие клетки. Таким методам уже созданы культуры бактерий, продуцирующие аминокислоту триптофан, гормоны: соматостатин, инсулин и интерферон, и др. Изучите также другие направления генетической инженерии и их практическое значение (соматическая гибридизация, пересадка ядер и клеток, трансплантация зигот и эмбрионов и др.).

Вопросы для самопроверки

1. Какова структура ДНК по Уотсону и Крику? Что лежит в основе видовой специфичности ДНК?
2. Как осуществляется синтез ДНК?
3. Каково строение РНК? Как синтезируется РНК?
4. Какие типы РНК вы знаете и какова их роль в синтезе белка?
5. Что такое кодон, экзон, интрон, ген?
6. В чем заключается сущность генетического кода?
7. Как осуществляется реализация наследственной информации с гена на белок?
8. Каково строение генетического материала у бактерий?
9. Каково строение генетического материала у вирусов, фагов, плазмид?
10. Что такое генетическая инженерия и каковы ее основные методы?
11. Используются ли в практике достижения генетической инженерии?

7. Биотехнология и генетическая инженерия

В этой теме рассматривается один из сложнейших вопросов современной генетики – как и в какой последовательности в ходе развития

организмов реализуется генетическая информация, записанная в виде чередующихся нуклеотидов ДНК, в конкретный морфологический, физиологический, биохимический, поведенческий или хозяйственно полезный признак?

Влияние генов на развитие признаков, путь от гена к признаку у прокариот и эукариот имеет принципиальные отличия. У прокариот путь от гена к признаку можно представить в виде схемы:

Один ген → один фермент (белок) → один признак.

Формирование признаков высших организмов (эукариот) происходит, как правило, под действием многих генов, во взаимодействии их друг с другом и под определенным влиянием условий среды. Так, у крупного рогатого скота признак окраски шерсти контролируется 12 парами генов, у плодовой мухи признак окраски глаз – 20 парами генов. Не менее сложной является наследственная обусловленность многих хозяйственно полезных признаков (живая масса, плодовитость, настриг шерсти, яйценоскость). Такие признаки развиваются как результат взаимодействия многих генов (участков ДНК).

Генетический контроль процессов развития интенсивно изучается на примере влияния материнских генов на ранних стадиях развития. Установлено, что в период образования яйцеклетки в материнском организме в ней накапливаются предшественники нуклеиновых кислот, белков и питательных веществ, оказывающих влияние на развитие зиготы.

Обратите внимание на важную роль в онтогенезе ядерно-цитоплазматических отношений, взаимодействия генов и цитоплазмы.

Одним из наиболее важных вопросов этой темы является теория регуляции синтеза иРНК и белка Ф. Жакоба и Ж. Моно. Согласно этой теории, различия тканей организма по качественному и количественному составу белков и ферментов объясняются тем, что в клетках имеется механизм, регулирующий активность генов и обеспечивающий синтез достаточного количества белков в нужное время.

Изучите также вопросы о влиянии на развитие животных физиологически активных соединений (индукторов, гормонов), нервной системы и факторов внешней среды.

Вопросы для самопроверки

1. Что собой представляет ген?
2. Как влияют гены на формирование признаков у эукариот?

3. Как в онтогенезе осуществляется реализация генотипа?
4. Влияют ли материнские гены на развитие зиготы?
5. В чем заключается сущность теории Ф. Жакоба и Ж. Моно о регуляции синтеза иРНК и белков?
6. Какие вы знаете критические периоды онтогенеза?
7. Что такое фенкопии? Что такое морфозы?

8. Генетические и биотехнологические основы индивидуального развития

В настоящее время для ускорения селекции и воспроизводства высокопродуктивных животных и целых популяций интенсивно используется биотехнология. Традиционные методы биотехнологии включают искусственное осеменение, глубокое замораживание и длительное хранение спермы, вызывание половой охоты и ее синхронизация, регулирование времени отелов. Но достижения генетики и молекулярной биологии стали фундаментом для перспективного использования таких новых направлений в биотехнологии, как генная инженерия и получение трансгенных и партеногенетических животных, создание генетических мозаиков (химер) у сельскохозяйственных животных, регулирование соотношения полов, наряду с оценкой и отбором ранних эмбрионов по желаемому полу, а также метод трансплантации эмбрионов как основа воспроизводства высокопродуктивных генотипов. Выясните теоретические положения и практическое значение каждого из указанных направлений современной биотехнологии.

Обратите внимание на то, что целью применения генной инженерии в селекции является получение трансгенных животных с новыми хозяйственно-полезными признаками – более эффективным усвоением кормов, быстрым ростом, устойчивостью к заболеваниям. Путем прямой инъекции чужеродной ДНК в яйцеклетки и эмбрионы получены трансгенные линии овец, выделяющих в молоко фактор IX, влияющий на свертываемость, человеческой крови; трансгенные свиньи несущие бычий или человеческий ген гормона роста; трансгенные коровы, выделяющие человеческий бета-интерферон в молоко.

При изучении возможности создания партеногенетических животных отметьте тот факт, что метод дает возможность получать полностью гомозиготных потомков (мейотический партеногенез)

или генетические копии матери (амейотический партеногенез), то есть затем создавать генетические линии и популяции идентичных животных нужных генотипов для эффективного производства продукции. У тутового шелкопряда уже созданы партеногенетические линии и породы, тогда как у млекопитающих (овцы, крупный рогатый скот) метод пока еще только разрабатывается экспериментально путем культивирования ооцитов.

Возможность создания особей, сочетающих в одном генотипе важные продуктивные особенности, но сами по себе антагонистические и несовместимые, как, например, молочная и мясная продуктивность у крупного рогатого скота решается посредством создания химерных животных. Химеры, или генетические мозаики, получают объединением двух или более генетически различных зародышей на стадии бластомеров. Уже получены межпородные химеры овец (рамбулье и финский ландрас), межвидовые химеры овцекозы, межпородные химерные телята (породы швицкая и голштино-фризская, черно-пестрая и красная).

Изучите вклад биотехнологии в проблему регулирования соотношения полов. Здесь отмечается 2 пути ее решения: во-первых, саморегулирование соотношения женских и мужских особей путем разделения X- и Y-спермиев, и, во-вторых, путем оценки и отбора ранних эмбрионов по желаемому полу. Такой отбор будет способствовать ускорению генетического прогресса популяций.

Особое внимание уделите изучению метода трансплантации эмбрионов, играющего основную роль в биотехнологии воспроизводства высокопродуктивных животных. На практике доказано, что интенсивное использование коров-рекордисток в качестве доноров позволяет ускоренно получать выдающихся быков-производителей и в короткие сроки создавать высокопродуктивные семейства. От одной генетически выдающейся коровы-донора за всю жизнь можно потенциально получить 500 телят. Рентабельность трансплантации резко повышается с помощью консервации эмбрионов замораживанием в жидком азоте при температуре -196°C (криоконсервация) с последующим их хранением десятки и сотни лет. Для лучшего усвоения метода трансплантации необходимо изучить последовательность ее проведения, этапы от отбора коров-доноров до пересадки эмбрионов коровам-реципиентам.

Вопросы для самопроверки

1. Чем отличаются методы традиционной биотехнологии от современной?
2. Охарактеризуйте вкратце основные направления современной биотехнологии.
3. В чем заключается цель использования генной инженерии в селекции сельскохозяйственных животных?
4. Каково значение для зоотехнии создания партеногенетических животных и химер (генетических мозаиков)?
5. В чем состоит прикладное значение регулирования соотношения полов?
6. Почему метод трансплантации эмбрионов играет роль основы биотехнологии воспроизводства высокопродуктивных животных?
7. Назовите основные этапы процесса трансплантации эмбрионов.

8. Мутационная изменчивость

Мутационная изменчивость, наряду с комбинативной и коррелятивной, относится к наследственной (генотипической) изменчивости. Она представляет большой интерес для селекционера, так как является поставщиком новых аллелей генов и вариаций признаков. В связи с тем, что возникновение и развитие мутационной теории проходит через всю историю генетики как науки, следует обратить внимание на роль ее основателя Г. де Фриза, а также вклад отечественных ученых С. И. Коржинского, Г. А. Надсона, Г. Е. Филиппова, Н. В. Тимофеева-Ресовского и Н. П. Дубинина в дальнейшую разработку этой теории. Основные вопросы, изучаемые в этой главе – классификация мутаций (или определение основных типов мутаций), а также механизм возникновения мутаций (мутагенез).

Мутация – это качественное или количественное изменение генотипа, которое в процессе репликации ДНК передается в ряду клеточных поколений и поколений организмов. Существуют различные системы классификации типов мутаций, описанные в учебнике. По характеру изменения генома выделяют три типа мутаций: генные, хромосомные, геномные. Выясните характеристику каждого типа мутаций, причины их вызывающие, фенотипические их проявления у животных и важность учета в племенной работе.

Обратите внимание на то, что мутации могут возникать как естественным путем (спонтанные), так и при воздействии на организм различными факторами (индуцированные мутации). Выясните значение индуцированных мутаций в селекции микроорганизмов, растений и животных.

Ознакомьтесь с такими понятиями, как мутагенез и мутабельность, и выясните те факторы, которые приводят к возникновению мутаций (мутагенные факторы). Для установления сходного характера мутаций у близких видов большое значение имеет открытый Н. И. Вавиловым закон гомологических рядов в наследственной изменчивости.

Вопросы для самопроверки

1. Что понимается под генными мутациями?
2. Какие бывают хромосомные мутации?
3. Какие бывают геномные мутации?
4. В чем заключается разница между спонтанными и индуцированными мутациями?
5. Что такое полиплоидия?
6. Что такое гетероплоидия?
7. Каково значение спонтанных точковых мутаций в эволюции и селекции?
8. В чем заключается сущность закона гомологических рядов в наследственной изменчивости?
9. Какие мутагенные факторы вы знаете?

10. Биометрические методы анализа изменчивости и наследственности признаков у животных

В современной генетике для изучения явлений наследственности и изменчивости организмов используются различные методы: гибридологический, цитологический, биохимический, иммуногенетический, этологический. Наряду с ними широко используется также биометрический метод, основанный на законе больших чисел и теории вероятности.

Изучение биометрического метода следует начать с выяснения понятий «генеральная совокупность» и «выборка». При этом обратите внимание на требования, которым должна удовлетворять выборка.

Необходимо изучить принципы составления выборки, построения и обработки вариационного ряда и способы вычисления основных его показателей (средняя арифметическая,

среднее квадратическое отклонение, коэффициент изменчивости, статистические ошибки).

Методы вычисления биометрических параметров, в том числе критерия статистической достоверности разности, коэффициентов корреляции и регрессии, а также критерия χ^2 (хи-квадрат) изложены в учебном пособии [3, с. 175-218].

На формирование признаков животных (в том числе и хозяйственно полезных) оказывает влияние не только наследственность, но и другие факторы (условия кормления и содержания, возраст, физиологическое состояние, естественный и искусственный отбор). При необходимости определения доли влияния отдельных факторов на изменчивость признака следует обратиться к дисперсионному анализу, основные элементы и ход которого представлены в учебном пособии [3, с. 218–227].

Практическое освоение биометрии осуществляется на занятиях в период лабораторно-экзаменационной сессии.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое генеральная совокупность и выборка?
2. Что такое вариационный ряд и как его построить?
3. Какие вы знаете константы, характеризующие вариационный ряд?
4. Что означает статистическая ошибка средней арифметической величины?
5. Как определить критерий статистической достоверности разности двух независимых вариационных рядов?
6. Каким может быть характер и степень взаимосвязи между признаками?
7. В каких пределах варьирует цифровое значение коэффициента корреляции?
8. Что означает коэффициент регрессии и как его можно использовать в селекции сельскохозяйственных животных?

11. Генетика количественных признаков

Формирование количественных признаков чаще всего контролируется не одной, а многими парами генов, что и определило их название как признаков полигенных. Характер взаимодействия этих генов может быть различным. Поэтому, прежде чем приступить к изучению наследования количественных признаков, необходимо вернуться к главе 4 и вспомнить

различные типы взаимодействия генов, обратив особое внимание на полимерию, аддитивный тип действия полимерных генов, эпистаз и др.

Определение характера наследования количественных признаков осложняется тем, что на их проявление, кроме наследственности, большое влияние оказывают внешние условия.

Для изучения наследования количественных признаков предложены специальные понятия и параметры, их характеризующие. Это наследуемость и повторяемость.

Выясните, что такое наследуемость и определите разницу между понятиями: наследственность, наследование и наследуемость. Показателем наследуемости признаков служит коэффициент наследуемости (h^2), который можно получить, вычислив коэффициент корреляции между показателями изучаемого признака двух родственных групп (например, матерей и дочерей, полусестер по отцу), или дисперсионным анализом. Методы вычисления изложены в учебнике [1, с. 323–326].

Обратите внимание на факторы, влияющие на величину h^2 : степень генотипической изменчивости, характер наследования признака, условия среды, выбор показателей для оценки признака.

После выяснения понятия «повторяемость» приступайте к изучению методов вычисления коэффициента повторяемости: дисперсионный (по Снедекору), путем вычисления коэффициента корреляции и метод ранговой корреляции (по Спирмену). Затем выясните влияние на величину коэффициента повторяемости таких факторов, как возраст животных, условия их кормления и содержания, взаимодействие организма и среды, длительность отбора, характер признака.

Коэффициенты наследуемости и повторяемости могут быть использованы в племенной работе. Об использовании коэффициента наследуемости для определения эффекта селекции, интенсивности отбора и определения селекционных индексов сказано в учебнике [1, с. 342–346].

Вопросы для самопроверки

1. Имеется ли разница в наследовании качественных и количественных признаков?
2. Что такое наследуемость? Есть ли разница между понятиями: наследственность, наследование и наследуемость?
3. Какие вы знаете методы определения коэффициента наследуемости?

4. Какие факторы влияют на величину h^2 ?
5. Что такое повторяемость?
6. Какие методы используются для вычисления коэффициента повторяемости?
7. Какие факторы влияют на величину коэффициента повторяемости?
8. Как в племенной работе используются коэффициенты наследуемости и повторяемости?

12. Генетика популяций

В теме рассматриваются следующие вопросы: эффективность отбора в популяциях и чистых линиях, структура свободно размножающейся популяции по генотипам, влияние структуры популяции на расщепление, влияние отбора на структуру популяции, изменение популяции при отсутствии свободного спаривания (при скрещивании и инбридинге).

Изучение материала начните с выяснения понятий «популяция» и «чистая линия». Затем ознакомьтесь с работами В. Иоганнсена по выяснению эффективности отбора в популяциях и чистых линиях. При этом обратите внимание на причины, приводящие к разной эффективности отбора, и на явление регрессии, в силу которой дочернее поколение наследует лишь часть родительского отклонения от средней. Действие регрессии можно наблюдать при отборе по хозяйственно полезным признакам животных любого стада (например, по удою, проценту жира).

В свободно размножающейся популяции наблюдается определенная структура (соотношение) генотипов. Закон о структуре свободно размножающейся популяции и формула для определения этой структуры были предложены в 1908 году английским математиком Г. Харди и немецким врачом В. Вайнбергом. Пользуясь формулой Харди-Вайнберга, можно определить структуру популяции по генотипам. Для правильного пользования формулой необходимо уяснить понятия «частота (соотношение) генотипов» и «концентрация генов» [1, с. 284, сноска].

Пример. В популяции животных на 20 000 особей встречается 1 альбинос. Вычислите частоту доминантного и рецессивного аллелей и определите генотипическую структуру популяции.

Решение задачи.

Если известны частоты разных фенотипов в популяции, то на основе формулы Харди-Вайнберга можно составить представление о распределении в ней соответствующих генотипов.

Уравнение Харди-Вайнберга:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1,$$

где p – частота доминантной аллели; q – частота рецессивной аллели.

1. Условные обозначения генов

Известно, что альбинизм – рецессивный признак (ген «а»), поэтому генотип альбиносов «аа», а генотип нормальных особей «АА» и «Аа».

2. Определим частоту альбиносов «аа» и выразим ее в долях единицы:

$$q^2aa = \frac{1}{20000 + 1} = 0,00005.$$

3. Частота аллели альбинизма «а» составит:

$$qa = \sqrt{q^2aa} = \sqrt{0,00005} = 0,007.$$

4. Определим частоту доминантной аллели «А» на основе формулы

$$pA + qa = 1;$$

$$pA = 1 - qa = 1 - 0,007 = 0,993.$$

5. Определяем частоту гомозигот и гетерозигот среди фенотипически нормальных особей:

$$p^2AA = 0,993^2 = 0,98595 \text{ или } 98,595\%$$

$$2pqAa = 2 \cdot 0,993 \cdot 0,007 = 0,014 \text{ или } 1,4\%.$$

Ответ: генотипическая структура популяции такова –

$$AA - 98,595\%$$

$$Aa - 1,4\%$$

$$aa - 0,005\%.$$

Соответственное количество особей в абсолютных цифрах 19720; 280; 1.

Для лучшего усвоения этого материала рекомендуется решить несколько задач, имеющих в вопросах контрольной работы (№ 103–111 с).

В следующих разделах темы рассматривается влияние генетической структуры популяции на расщепление признаков в новых поколениях и влияние отбора на структуру популяции. Обратите внимание на различия в действии естественного и искусственного отбора, отбора по доминантным и рецессивным признакам, а также на влияние различной интенсивности отбора.

Так как большинство хозяйственно полезных признаков сельскохозяйственных животных (количественных) в значительной мере зависят от условий среды, необходимо знать, как среда влияет на интенсивность отбора [1, с. 291–294].

В своей практической работе зоотехник имеет дело с популяциями, в которых осуществляется подбор (гомогенный и гетерогенный), а следовательно, отсутствует свободное спаривание. Подбор вообще, а скрещивание и инбридинг особенно сильно влияют на структуру популяции. При скрещивании в популяциях возрастает гетерозиготность, а в первом поколении наблюдается явление гетерозиса, представляющее большой практический интерес при разведении сельскохозяйственных животных.

Инбридинг же ведет к возрастанию гомозиготности и сохранению у потомков признаков родителей, находящихся в родстве. С. Райтом предложена формула для оценки возрастания гомозиготности при инбридинге, использование которой показано в учебнике на примерах.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое популяция и чистая линия?
2. К каким выводам пришел Иоганнсен в результате отбора в популяциях и чистых линиях?
3. В чем заключается сущность закона биологической регрессии?
4. Каково практическое значение опытов Иоганнсена?
5. Какова формула Харди-Вайнберга для определения соотношения генотипов в свободно размножающейся популяции?
6. Какое влияние на генетическую структуру популяции оказывает мутационный процесс?

7. Как внешняя среда влияет на структуру популяции по генотипам?
8. Как влияет скрещивание на генетическую структуру популяции?
9. Что такое инбридинг и какое он оказывает влияние на генетическую структуру популяции?

13. Инбридинг, инбредная депрессия и гетерозис

В этой главе изучаются следующие вопросы:

1) инбридинг и его биологические особенности, инбредная депрессия и способы ее ослабления, методы оценки степени инбридинга и его использование в животноводстве;

2) явление гетерозиса и его биологические особенности; теории, объясняющие эффект инбредной депрессии и гетерозиса; проблема закрепления гетерозиса, его практическое значение.

Начните с освоения раздела об инбридинге. Под ним понимается спаривание животных, находящихся в слабой, умеренной или тесной степени родства. Такой тип спариваний повышает генетическую гомозиготность потомства по многим генам.

В животноводстве инбридинг получил признание как необходимый метод племенной работы, целью которого является повышение генетического сходства потомков с предком, обладающим выдающимися хозяйственно полезными признаками. Однако практика свидетельствует о том, что инбредное потомство уступает по развитию и жизнеспособности особям, полученным путем аутбридинга (неродственное спаривание). Вредное действие родственных спариваний проявляется в инбредной депрессии. Поэтому необходимо выяснить причины и продолжительность действия инбредной депрессии, последствия инбридинга в животноводстве.

Затем нужно усвоить методы оценки степени инбридинга по Пушу-Шапоружу (по рядам предков), а также по Райту-Кисловскому (посредством коэффициента инбридинга). Для определения генетического сходства между родственниками Райт предложил специальную формулу, которой также необходимо научиться пользоваться. Рассмотрите известные примеры инбредных животных, которые имели лидирующую роль в создании и совершенствовании пород сельскохозяйственных животных.

Результаты, полученные при скрещивании и противоположные по эффекту инбредной депрессии, получили название гетерозиса. Наиболее ярко он проявляется у помесей первого поколения. В последнем разделе этой главы рассматриваются теории, объясняющие причины и природу гетерозиса и инбредной депрессии. Особое внимание следует обратить на использование явления гетерозиса при производстве продукции животноводства.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое инбридинг? Каковы его генетические основы и биологические особенности?
2. Что такое инбредная депрессия?
3. Какое влияние оказывает инбридинг на генетическую структуру популяций?
4. Какие существуют методы определения степени инбридинга?
5. С какой целью используется инбридинг в практике животноводства?
6. Что такое гетерозис? Каковы его особенности?
7. Какие существуют теории гетерозиса и инбредной депрессии?
8. Какова роль гетерозиса в практике животноводства?

14. Генетика иммунитета, аномалий и болезней

Эта глава посвящена изучению следующих вопросов: генетические основы иммунитета, видовая и породная наследственная устойчивость, генетическая патология иммунной системы, основные типы наследственных аномалий, селекция на резистентность.

Иммунитет – это способ защиты организма от живых тел и веществ, несущих на себе признаки генетической чужеродности. Иммунитет является объектом изучения отдельной науки – иммунологии, в которой ведущим разделом стала генетика иммунитета. Особое значение имеют две разновидности иммунитета – неспецифическая защита организма и ее факторы (кожные, слизистые покровы, стресс, фагоциты, естественные иммуноглобулины, а также защитные вещества бактерицидного типа – комплемент, интерферон, лизоцим, пропердин и др.) и специфическая защита, обеспечиваемая совокупностью всех лимфоидных органов и клеток (тимус млекопитающих,

фабрициева сумка птиц, костный мозг, миндалины). Большинство защитных механизмов организма находятся под генетическим контролем.

Далее перейдите к (рассмотрению примеров видовой, породной и линейной устойчивости к болезням, которые обусловлены генами, полученными от выдающихся предков. Важную роль в иммунном ответе играют антитела. Выясните значение иммуноглобулинов, лимфоцитов, а также некоторых случаев патологии иммунной системы, например, сцепленной с полом агамаглубоулинемии человека и лошадей (неспособность к синтезу иммуноглобулинов).

Для практики зоотехнии большое значение имеет генетически обусловленная резистентность к болезням и устойчивость к неблагоприятным условиям среды и технологии содержания. С помощью генетических методов созданы резистентные группы свиней, крупного рогатого скота, птицы. Затем нужно изучить вопрос об основных типах генетически обусловленных аномалий и болезней (рецессивные, доминантные, сцепленные с полом). В настоящее время у человека известно около 2000 таких аномалий с летальным и сублетальным действием, а у сельскохозяйственных животных 130 аномалий. Для освобождения популяции от носителей аномалий проводят выбраковку животных-носителей уродств и их родителей.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое иммунитет и иммунная система организма?
2. Какие неспецифические факторы иммунитета вы знаете?
3. Что такое специфический иммунитет?
4. Что такое антитела? Какова их роль?
5. Возможна ли селекция животных на резистентность к отдельным заболеваниям?

15. Иммуногенетический и биохимический полиморфизм белков и их использование в биотехнологии и селекции

Изучение темы начните с ознакомления с историей иммуногенетики, после чего можно перейти к изучению иммуногенетики животных. В этом разделе темы необходимо выяснить методы определения групп крови у животных, в основу которых положено использование взаимодействия иммунных антител с антигенными факторами эритроцитов крови. Обратите

внимание на большое количество антигенных факторов, обнаруженных у разных видов сельскохозяйственных животных, и кодоминантный тип их наследования. Для понимания методов определения групп крови необходимо выяснить, что такое системы групп крови и какое количество их выявлено у основных видов сельскохозяйственных животных, что следует понимать под феногруппами и какой символикой пользуются для их обозначения. Этот раздел завершается рассмотрением методики изготовления реагентов, используемых при изучении групп крови у разных видов.

Достижения иммуногенетики используются в практике животноводства для контроля происхождения племенных животных, определения родства пород, для выявления одно- или двуйцевого происхождения близнецов, при объяснении природы гемолитической болезни молодняка.

В последние два десятилетия проявляется интерес к изучению полиморфизма белков, в основе наследования которого лежит явление множественного аллелизма и кодоминантности. Для анализа генетического белкового полиморфизма чаще пользуются зональным электрофорезом в крахмальном геле, основанном на способности разных белков с разной скоростью передвигаться в поле постоянного тока. Результаты анализа полиморфизма белков (трансферрины, гемоглобин, ряд ферментов и др.) используются для выяснения биохимической индивидуальности организма, генетической экспертизы происхождения животных. Кроме того, ведется поиск по выявлению связей между типами отдельных белков и продуктивностью животных.

При проведении генетического анализа по группам крови и полиморфным белковым системам необходимые математические характеристики (частоты генов и генотипов, генетическое сходство популяций, гомозиготность и гетерозиготность и др.) определяются с использованием специальных формул.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое антигены и антитела?
2. Как определяются группы крови у животных?
3. Каковы особенности наследования групп крови?
4. Для чего используется определение групп крови в практике животноводства?
5. Существует ли корреляция между группами крови и продуктивностью животных?

6. Что такое наследственный полиморфизм белков?
7. Каков характер наследования разных типов полиморфных белков?
8. Существует ли корреляция полиморфных белков с продуктивностью животных?

16. Генетика поведения и ее селекционное значение

Генетика поведения – это раздел генетики, изучающий наследственность и наследственную изменчивость поведенческих признаков отдельных особей, популяций, подвидов и видов. Она использует данные и методы этологии – науки о поведении животных. Генетическая обусловленность формы поведения имеет большое значение для животноводства, так как позволяет вести селекцию на создание животных с желательным типом поведения, пригодных для разведения в условиях промышленных комплексов.

Необходимо ознакомиться с идеями основоположников науки о поведении животных – И.М. Сеченова и И.П. Павлова, создателей учения о типах высшей нервной деятельности. Уже в 40–50-х годах XX в. работами К. Лоренца и других ученых были заложены основы этологии. Обратите внимание на роль врожденных (безусловных) рефлексов – полового, пищевого, стадного, конкуренции за лидерство и др. – в формировании индивидуально приобретенного поведения. Установлена генетическая обусловленность многих признаков поведения как на модельных объектах (дрозофила, крыса, мышь, собака, кошка, различные виды птиц), так и на сельскохозяйственных животных (кролики, овцы, крупный рогатый скот, свиньи, зебу, куры, утки).

Затем перейдите к изучению работ советских ученых по генетике поведения – Л.В. Крушинского о роли генетических факторов в определении способности животных к элементарной рассудочной деятельности, или к экстраполяции, и Д.К. Беляева о влиянии искусственного отбора (дестабилизирующий отбор) на доместикацию лисиц. Обратите внимание на роль стресса в поведении животных, состояние общей мобилизации сил организма в ответ на сильные физические или психические воздействия. Установлено, что предрасположенность к стрессам носит рецессивный, а сопротивляемость стрессам – доминантный характер. Для ряда поведенческих признаков сельскохозяйственных животных установлено значение коэффициента наследуемости.

Особое значение данные генетики поведения имеют для создания животных, приспособленных к условиям промышленных технологий. Современная селекция должна учитывать как полигенный тип наследования одних поведенческих реакций, так и моногенную детерминацию других признаков.

Вопросы для самопроверки

1. Каково значение работ И.М. Сеченова и И.П. Павлова в формировании генетики поведения?
2. Какова роль генотипа и условий среды в развитии поведенческих признаков животных?
3. В чем заключается суть исследований Л.В. Крушинского по выявлению способности животных к элементарной «рассудочной» деятельности?
4. В чем заключается суть работ Д.К. Беляева по изучению поведения животных при одомашнивании?
5. Возможно ли использование генетически обусловленного поведения животных в практической селекции?

17. Частная генетика основных видов сельскохозяйственных животных (крупный рогатый скот, свиньи, лошади, куры, овцы, пушные звери, собаки)

Глава посвящена частной генетике пяти основных видов сельскохозяйственных животных, а в последнем разделе рассмотрены основные факты по генетике окраски волосяного покрова шести видов пушных зверей (норка, лисица, песец, соболь, нутрия, шиншилла). Материал этой главы важен для конкретизации генетических знаний студентов.

Сведения по генетике каждого вида представлены в следующей последовательности. Вначале рассматриваются основные селекционируемые признаки, которые зависят от вида продукции и направления продуктивности (молочная или мясная, сальная, шерстная, шубная, яичная). Затем следует изучить характеристику вида по группам крови и полиморфизму белков. Современный уровень знаний требует достаточно подробных сведений по цитогенетической характеристике каждого вида. Основное место по каждому виду отведено изучению наследования основных качественных и количественных признаков, генетике воспроизводительной функции и многоплодия.

Вопросы для самопроверки

1. Чему равно диплоидное количество хромосом у крупного рогатого скота, лошади, овцы, курицы, свиньи, норки, лисицы, соболя?
2. Что характерно для морфологии хромосом крупного рогатого скота, лошади, овцы, свиньи, курицы?
3. Каковы показатели h^2 основных хозяйственно полезных признаков крупного рогатого скота?
4. Какие показатели необходимы для расчета эффекта селекции крупного рогатого скота по основным хозяйственно полезным признакам?
5. Каковы показатели h^2 основных хозяйственно полезных признаков овец?
6. Каковы средние показатели h^2 основных селекционируемых признаков свиней?
7. Какие закономерности наблюдаются в наследовании масти лошадей?
8. Какие закономерности установлены в наследовании формы гребня и окраски оперения кур?
9. Каковы показатели h^2 основных селекционируемых признаков кур?
10. Каковы закономерности наследования окраски волосяного покрова норок?

18. Генетика и эволюционное учение

Этой темой завершается изучение дисциплины. В ней изложены многие вопросы, имеющие значение для формирования материалистического мировоззрения биолога и зооинженера.

Причинные факторы эволюционного процесса впервые были научно обоснованы Ч. Дарвином (отбор, наследственность, изменчивость). После рассмотрения этих вопросов необходимо перейти к изучению проблем, связанных с развитием жизни с точки зрения генетики, происхождением и становлением жизни, эволюцией ее клеточных форм.

Обратите внимание на то, что собственно генетическое обоснование эволюция живых организмов получила лишь в 20-х годах XX в. после создания популяционной генетики. Здесь следует отметить два открытия – закона генотипического равновесия идеальных популяций, или закона Харди-Вайнберга, а также учения о популяциях как элементарных единицах эволюционного процесса (С.С. Четвериков, Н. В. Тимофеев-Ресовский, Ф. Г. Добжанский, С. Райт, Д. Хаксли и др.).

Сложным в этой теме является вопрос о форме протекания эволюционного процесса. Реальной формой эволюционного процесса является микроэволюция основных эволюирующих единиц – природных и искусственных популяций. Факторами, которые смещают генотипическое равновесие популяций, являются мутации, отбор, миграции, инбридинг и дрейф генов. Мутации, в свою очередь, поставляют новый генный материал для процесса микроэволюции, отбор несет направляющую функцию, тогда как остальные факторы создают фонд комбинативной изменчивости для действия отбора. Современный этап такого своеобразного синтеза популяционной генетики, молекулярной биологии и эволюционного учения получил название «синтетическая теория эволюции» (сокращенно СТЭ).

В последнем разделе рассмотрите вопросы видообразования и скорости эволюции.

Вопросы для самопроверки

1. Какая совокупность организмов является элементарной единицей эволюционного процесса?
2. Что такое микроэволюция и каковы ее отличия от макроэволюции? Какие факторы микроэволюции вы знаете?
3. Какова роль мутаций и отбора в эволюции?
4. Как факторы микроэволюции смещают генотипическое равновесие в популяциях?
5. Что такое синтетическая теория эволюции и каково ее основное содержание?

Раздел 3. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Прежде чем приступать к выполнению контрольной работы, внимательно изучите учебный материал и ознакомьтесь с содержанием методических указаний.

Номера вопросов, которые должны быть освещены в контрольной работе, устанавливаются по приведенной ниже таблице с учетом учебного шифра студента. Например, учебный шифр студента 4238. Для нахождения номеров вопросов контрольного задания нужно в первой (заглавной) строке таблицы найти последнюю цифру шифра, т.е. 8. В первой вертикальной графе таблицы находится предпоследняя цифра учебного шифра – 3. В клетке таблицы, находящейся на месте пересечения графы, идущей от цифры 8 со строкой, отходящей от цифры 3, указаны номера вопросов контрольной работы студента. Они следующие: 7, 26, 47, 79, 114, 117.

Вопросы для контрольной работы

1. Генетика как наука. Основные этапы ее становления. Место генетики среди биологических наук.

2. Методы генетических исследований: гибридологический, генеалогический, популяционный, фенотипический, рекомбинационный, мутационный, цитогенетический, статистический.

3. Исследования по изучению наследственности и наследственной изменчивости до открытия законов Г. Менделя (гибридологические – И. Кельрейтер, Т. Найт, О. Сажре, Ш. Ноден; цитологические – И. Д. Чистяков, Т. Бовери, О. Гертвиг). Работы Ч. Дарвина и их значение в становлении генетики.

4. Развитие генетики в нашей стране. Работы Е.А. Богданова, Н.К. Кольцова, Н.И. Вавилова, С.С. Четверикова, Ю.А. Филипченко и др.

5. Основные отличия методов традиционной и современной биотехнологии.

6. Дайте краткую характеристику основных направлений современной биотехнологии.

7. Строение клетки и роль ее органоидов в передаче наследственной информации.

8. Строение и химический состав хромосом. Гаплоидный и диплоидный набор хромосом. Понятие о геноме и кариотипе.

9. Митоз и его генетическая сущность.

10. Мейоз и его генетическая сущность.

11. Цели использования генной инженерии в селекции сельскохозяйственных животных.

12. Что такое кариотип? Охарактеризуйте кариотипы основных видов сельскохозяйственных животных. Что общего в кариотипах разных видов и каковы различия? Что такое геном?

13. Гибридологический метод генетического анализа, разработанный Г. Менделем, и его основные принципы.

14. Законы наследования признаков, установленные Г. Менделем. Проиллюстрируйте на схемах скрещиваний суть этих законов.

15. Моногибридное скрещивание и его схема. Реципрокное, возвратное и анализирующее скрещивания, их схемы и значение.

16. Дигибридное скрещивание. Составьте схему дигибридного скрещивания и проанализируйте наследование признаков, гены которых локализованы в разных парах хромосом.

17. Основные типы доминирования. Используя конкретные примеры, составьте схемы скрещиваний и охарактеризуйте F1 и F2 при разных типах доминирования.

18. Основные типы взаимодействия неаллельных генов. Используя конкретные примеры, составьте схемы скрещиваний и охарактеризуйте F1 и F2 при разных типах взаимодействия неаллельных генов.

19. Летальные гены и их действие. Назовите признаки, детерминируемые летальными генами у разных видов сельскохозяйственных животных, и покажите на схемах скрещиваний особенности их наследования.

20. Какие признаки называются сцепленными? Составьте схему скрещивания, с помощью которой объясните особенности наследования сцепленных признаков в F1 и F2.

21. Кроссинговер как причина нарушения сцепления между признаками. Кроссоверные и некрроссоверные гаметы. Составьте схему скрещивания, используя которую объясните нарушение сцепления между признаками при кроссинговере.

22. Зоотехническое значение партеногенетических животных и химер (генетических мозаиков).

23. Изложите сущность хромосомной теории наследственности Т. Моргана.

24. Хромосомное определение пола у млекопитающих и птиц. Половые хромосомы и аутосомы. Гомогаметный и гетерогаметный пол. Покажите на схемах скрещиваний определение пола у млекопитающих и птиц.

25. Какие признаки называются сцепленными с полом? С помощью схемы скрещивания проанализируйте особенности наследования признаков, сцепленных с полом.

26. Балансовая теория определения пола. Биологическое значение соотношения числа половых X-хромосом и аутосом.

27. Бисексуальность организмов. Гинандроморфизм, гермафродитизм и фримартинизм.

28. Соотношение полов и возможности его искусственного регулирования у сельскохозяйственных животных. Значение этой проблемы для практики животноводства

Таблица 1

Предпоследняя цифра учебного шифра	Последняя цифра учебного шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	20,39,51, 83,101, 117	23,36,54, 81,115, 117	21,38,52, 71,106, 117	17,33,57, 79,105, 117	29,50,61, 64,95,117	24,42,45, 76,115, 117	3,18,27, 70,108, 117	11,34,60, 66,112, 117	3,10,58, 96,111, 117	10,39,50, 67,114, 117
1	22,37,53, 82,97,117	2,35,55, 106,114, 117	18,32,58, 66,106, 117	4,28,49, 63,94,117	1,23,39, 93,114, 117	17,26,44, 95,107, 117	10,33,58, 72,89,117	2,42,57, 95,110, 117	9,47,53, 66,100, 117	19,30,58, 35,107, 117
2	16,34,56, 76,100, 117	19,31,59, 65,104, 117	2,27,48, 62,100, 117	5,22,37, 75,113, 117	16,35,42, 91,106, 117	9,30,49, 71,88,117	1,15,60, 95,116, 117	8,38,46, 63,99,117	8,18,57, 98,106, 117	8,27,49, 62,80,117
3	30,50,69, 103,113, 117	6,26,47, 78,112, 117	9,21,36, 110,112, 117	15,21,61, 105,112, 117	8,33,51, 65,87,117	7,20,61, 86,115, 117	7,45,54, 64,98,117	17,32,56, 74,105, 117	7,26,47, 79,114, 117	10,34,48, 73,84,117
4	7,25,46, 77,116, 117	10,20,35, 74,92,117	14,27,30, 68,104, 117	7,31,56, 64,97,117	4,26,60, 65,107, 117	6,36,44, 63,103, 117	16,37,55, 83,104, 117	6,25,45, 89,113, 117	33,40,50, 72,96,117	20,40,52, 90,109, 117
5	8,19,28, 78,109, 117	13,32,38, 68,91,117	6,12,53, 63,99,117	5,43,60, 62,112, 117	15,33,54, 92,115, 117	5,24,52, 76,111, 117	12,32,45, 71,95,117	11,25,39, 87,108, 117	9,24,45, 69,107, 117	1,43,59, 85,106, 117
6	12,34,46, 67,99,117	5,11,55, 62,98,117	29,31,58, 84,104, 117	4,40,48, 77,91,117	14,34,53, 71,103, 117	14,28,38, 78,110, 117	31,44,51, 83,106, 117	9,27,38, 68,85,117	23,44,59, 89,112, 117	15,21,49, 91,113, 117
7	4,13,59, 97,103, 117	32,41,57, 83,108, 117	3,42,57, 92,103, 117	13,46,52, 76,87,117	18,22,39, 98,109, 117	10,30,46, 64,94,117	28,37,61, 67,90,117	25,43,56, 85,111, 117	14,22,48, 90,112, 117	22,28,52, 80,105, 117
8	29,35,56, 82,107, 117	2,41,49, 93,102, 117	12,17,51, 69,102, 117	13,21,61, 108,112, 117	29,37,47, 63,82,117	2,19,36, 66,97,117	15,22,42, 75,88,117	13,23,47, 86,104, 117	4,26,51, 70,79,117	18,41,54, 78,104, 117
9	1,23,40, 62,105, 117	11,35,50, 68,101, 117	20,43,59, 89,116, 117	28,44,48, 81,115, 117	1,35,55, 74,96,117	11,21,41, 101,110, 117	12,26,46, 69,103, 117	3,16,50, 76,112, 117	17,31,53, 77,93,117	19,40,55, 81,106, 117

29. Партеногенез, гионогенез и андрогенез. Их сущность, распространение и практическое использование.

30. Структура ДНК по Уотсону и Крику. Видовая специфичность ДНК, ее содержание в геномах разных видов. Репликация ДНК.

31. Структура, основные типы РНК, их роль в синтезе белков. Передача наследственной информации в системе ДНК-РНК-белок. Обратная транскрипция.

32. Генетический код, его сущность и основные свойства (триплетность, неперекрываемость, вырожденность, универсальность).

33. Значение искусственного регулирования соотношения полов для животноводства.

34. Метод трансплантации эмбрионов как основа биотехнологии воспроизводства высокопродуктивных животных.

35. Основные этапы процесса трансплантации эмбрионов.

36. Ген как биологическая система. Влияние генов на формирование признаков у эукариот. Онтогенез как процесс реализации генотипа.

37. Влияние материнских генов на развитие зиготы. Действие генов на ранних стадиях онтогенеза.

38. Теория Ф. Жакоба и Ж. Моно о регуляции синтеза информационной РНК и белков.

39. Критические периоды онтогенеза. Влияние физиологически активных соединений (индукторов, гормонов) на развитие организмов. Дифференциальная активность генов и роль цитоплазмы в ее регуляции. Фенокопии и морфозы.

40. Цитоплазматическая (нехромосомная) наследственность. В каких органоидах цитоплазмы локализована ДНК? В чем ее отличие от хромосомной ДНК? Примеры цитоплазматической наследственности у растений и животных.

41. Мутационная изменчивость как одна из форм наследственной изменчивости. Роль Г. де Фриза и отечественных ученых в создании и развитии теорий мутаций.

42. Генные, хромосомные и геномные мутации. Их характеристика. Примеры мутаций, имеющих значение для сельского хозяйства.

43. Спонтанный и индуцированный мутагенез. Мутагенные факторы.

44. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости, сформулированный Н. И. Вавиловым, и его значение.

45. Генетические основы наследования количественных признаков. Полимерное и полигенное наследование. Влияние среды на формирование количественных признаков.

46. Коэффициенты наследуемости и повторяемости. Их значение и использование в селекции животных.

47. Популяции и чистые линии. Работы В. Иоганнсена по выяснению эффективности отбора в популяциях и чистых линиях.

48. Генетическая структура популяции по концентрации генов и частоте генотипов. Формула и закон Харди-Вайнберга для характеристики структуры панмиктической популяции.

49. Факторы, нарушающие структуру популяции по частоте генотипов.

50. Формы отбора (направленный, стабилизирующий, дестабилизирующий, дизруптивный) и их характеристика.

51. Генетическая сущность инбридинга и его значение для селекции. Влияние инбридинга на генетическую структуру популяции.

52. Гетерозис и его биологическая сущность. Основные гипотезы, объясняющие эффект гетерозиса.

53. Иммуитет и его генетическая основа. Неспецифические и специфические факторы иммунитета.

54. Основные типы аномалий и наследственных заболеваний животных, их генетическая обусловленность и наследование.

55. Значение наследственной устойчивости сельскохозяйственных животных к болезням и возможности селекции на повышение резистентности.

56. Группы крови сельскохозяйственных животных, их генетическая обусловленность и наследование. Использование групп крови в селекции животных.

57. Биохимический полиморфизм белков и его генетическая природа. Использование биохимического полиморфизма белков в селекции животных.

58. Роль генотипа и условий среды в формировании поведенческих признаков у животных. Использование генетически обусловленного поведения животных в практической селекции.

59. Охарактеризуйте один из видов сельскохозяйственных животных (крупный рогатый скот, лошади, овцы, свиньи, птица) по следующему плану: селекционируемые признаки; цитогенетическая характеристика; наследование основных качественных и количественных признаков; группы крови и поли-

морфные системы белков; наследственные болезни и аномалии; генетика воспроизводительной функции.

60. Учение Ч. Дарвина о наследственности, изменчивости и отборе как факторах эволюции.

61. Популяция как элементарная единица эволюционного процесса. Значение работ С.С. Четверикова и И.И. Шмальгаузена для развития современной теории эволюции.

62. У собак черная окраска шерсти (ген «В») доминирует над коричневой (ген «в»). Черная самка несколько раз была спарена с одним и тем же черным самцом и принесла во всех пометах 18 черных и 5 коричневых щенков. Определите генотип родителей, составьте схему скрещивания и выясните, сколько черных щенков из числа родившихся могут быть гомозиготными.

63. Желтая морская свинка при скрещивании с белой всегда дает кремовое потомство. При скрещивании кремовых свинок между собой наблюдается расщепление потомства: 1 желтая : 2 кремовых : 1 белая. Каков характер наследования окраски шерсти морских свинок? Составьте схемы скрещиваний в соответствии с условием задачи.

64. У собак черная окраска шерсти (ген «В») доминирует над коричневой (ген «в»). Четыре самки были спарены с одним и тем же черным самцом. Самка № 1, коричневая, оценилась несколькими щенками, один из которых был коричневый. В помете самки № 2 (коричневой) один щенок был черный. У самки № 3 (черной) один щенок был коричневый. Самка № 4 (черная) принесла всех черных щенков. Составьте схемы скрещиваний и определите генотипы самца и всех четырех самок.

65. У морских свинок черная окраска шерсти (ген «А») доминирует над белой (ген «а»). При спаривании черного самца с черной самкой в нескольких пометах получено 20 потомков, из которых 6 было белых, а остальные черные. Определите генотип каждого родителя. Составьте схему скрещивания и выясните соотношение генотипов полученного потомства. Составьте схемы скрещиваний, с помощью которых можно было бы выяснить генотипы черных особей.

66. У собак жесткая шерсть доминантна, мягкая – рецессивна. От жесткошерстных родителей получен жесткошерстный щенок. Может ли этот щенок получить от родителей ген мягкошерстности? С кем его надо скрестить, чтобы выяснить, имеет ли он в генотипе ген мягкошерстности? Сделайте схемы всех скрещиваний.

67. У кроликов шерсть нормальной длины (ген «L») доминантна, короткая (ген «l») – рецессивна. У короткошерстной крольчихи родилось 5 крольчат: 3 короткошерстных и 2 с нормальной шерстью. Составьте схему скрещивания. Определите генотип и фенотип отца, генотипы матери и потомков.

68. При скрещивании длинноухих овец («AA») с безухими («aa») получается потомство с короткой ушной раковиной. Как называется такой тип наследования? Какое потомство получится при скрещивании короткоухих овец с такими же баранами? Безухих овец с короткоухими баранами? Составьте схемы скрещиваний и сделайте их анализ.

69. У андалузских кур черная окраска оперения (ген «В») доминирует над белой (ген «в»)- Гетерозиготная птица имеет голубое оперение. Какое потомство даст голубая курица при скрещивании с белым, голубым и черным петухами? Почему голубые андалузские куры при возведении «в себе» не дают однообразного потомства?

70. У крупного рогатого скота шортгорнской породы красная масть (ген «R») доминирует над белой (ген «r»). Гетерозиготные животные имеют чалую масть. В Шотландии одна шортгорнская корова принесла за один отел 5 телят, в том числе одного бычка красной масти, двух телок чалой и двух телок белой масти. Можете ли вы определить масть и генотип быка и коровы, от которых родились эти телята?

71. При скрещивании между собой хохлатых уток (хохолка на голове) утята выводятся только из 3/4 (75%) яиц, а 1/4 (25%) эмбрионов гибнет перед вылуплением. Среди вылупившихся утят около 2/3 имеют хохолок, а 1/3 - без хохолка. Как наследуется признак наличия хохолка у уток? Составьте схему скрещивания.

72. У норок ген «F» определяет серебристо-соболиную окраску – «бос», но обладает летальным действием. Его рецессивная аллель «f» обуславливает стандартную окраску. Все взрослые особи «бос» гетерозиготны «Ff». Какое потомство получится при спаривании гетерозигот между собой? Как избежать отхода?

73. На ферме все утки и селезни имеют хохолок на голове. Ген хохлатости обладает летальным действием – эмбрионы гибнут перед вылуплением из яйца. В инкубатор было заложено 2400 яиц, полученных в этом стаде. Составьте схему скрещивания и определите, какими могут быть генетически обусловленные потери. Какое количество из полученных утят будут иметь хохолок? Какую схему скрещивания можно предложить, чтобы избежать отхода?

74. Признак укороченных ног у кур (ген «С») доминирует над длинноногостью (ген «с»). У гомозиготных по гену коротконогости цыплят клюв настолько мал, что они не могут пробить яичную скорлупу и гибнут, не вылупившись из яйца. В хозяйстве, разводящем только коротконогих кур, получено 3000 цыплят. Сколько среди них коротконогих?

75. У каракумских овец серый цвет шерстного покрова (ген «W») доминирует над черным (ген «w»). От скрещивания серых овец с черными баранами получено половина серых и половина черных ягнят. Напишите генотипы родителей и потомства. Составьте схему скрещивания и выясните, какое получится отношение по генотипу и фенотипу в F_2 при скрещивании серых овец F_1 с серыми и черными баранами. Почему в практике разведения каракульских овец серой окраски не встречаются серые бараны, дающие при скрещивании с черными овцами всех серых ягнят?

76. У крупного рогатого скота ген «D» (декстер) определяет укороченность головы и ног, обуславливает улучшение мясных качеств, но обладает летальным действием. Каким будет расщепление при спаривании между собой двух гетерозиготных животных; гетерозиготных с рецессивным гомозиготным?

77. У мышей доминантный ген желтой окраски «Y» обладает летальным действием. Его рецессивная аллель «y» в гомозиготном состоянии обуславливает черную окраску. Каков генотип взрослых желтых мышей? Какое будет расщепление при спаривании их между собой; при спаривании с черными?

78. У крупного рогатого скота комолость (ген «K») доминирует над рогатостью (ген «k»), а красная масть (ген «A») – над белой (ген «a»). У шортгорнов гетерозиготные (Aa) животные имеют чалую масть. Какие соотношения генотипов и фенотипов получается при следующих спариваниях: 1) aaKk x AaKk, 2) AaKk x AaKk, 3) AAKk x aak? Каковы фенотипы родительских особей?

79. У кур оперенные ноги (ген «O») доминируют над голыми (ген «o»), а гороховидный гребень (ген «P») – над простым (ген «p»). Петух с оперенными ногами и гороховидным гребнем, спаренный с голоногой курицей, имеющей тоже гороховидный гребень, дал потомство с оперенными ногами. Большинство потомков имело гороховидный гребень, но встречались куры и с простым гребнем. Определите генотипы родителей и составьте схему скрещивания.

80. У собак черная окраска шерсти (ген «В») доминирует над коричневой (ген «в»), а висячее ухо (ген «Н») – над стоячим (ген «н»). Гомозиготная черная самка с висячими ушами спарена с коричневым самцом со стоячими ушами. Каковы генотипы и фенотипы потомства первого и второго поколений?

81. Комолость (ген «К»), у крупного рогатого скота доминирует над рогатостью (ген «к»), красная масть (ген «А») – над белой (ген «а»). Гетерозиготы (Аа) имеют чалую масть. Комолый чалый бык был спарен с рогатой белой коровой. От этого спаривания получена рогатая чалая телка. Каковы генотипы родителей и рогатой чалой телки? Какое потомство можно ожидать при повторных спариваниях этих родителей? Установите это, составив схему скрещивания. Какое получится потомство при возвратном спаривании рогатой чалой телки с ее отцом?

82. У свиней белая щетина (ген «В») доминирует над черной (ген «в»), а наличие сережек (ген «С») – над их отсутствием (ген «с»). Определите генотип белого хряка с сережками, если от спаривания его с черными без сережек свиноматками получено 50% белых поросят с сережками и 50% черных поросят с сережками?

83. У собак черная окраска шерсти (ген «В») доминирует над коричневой (ген «в»), а короткошерстность (ген «К») – над длинношерстностью (ген «к»). Коричневая длинношерстная самка была спарена с гомозиготным черным короткошерстным самцом. Составьте схему скрещивания и выясните фенотип и генотип потомков первого и второго поколений (второе поколение получено путем скрещивания особей первого поколения между собой)?

84. У морских свинок черная окраска шерсти (ген «В») доминирует над белой (ген «в»), а короткая шерсть (ген «К») – над длинной – (ген «к»). Гомозиготные черные длинношерстные животные были спарены с гомозиготными короткошерстными белыми. Определите генотип и фенотип потомства в F_1 и F_2 (F_2 получено от спаривания животных F_1 между собой).

85. У свиней черная масть (ген «С») доминирует над рыжей (ген «с»), прямой профиль головы (ген «К») – над изогнутым (ген «к»). От черного с прямой головой хряка и такой же свиноматки за два опороса получено 20 поросят, в том числе 7 черных прямоголовых, 4 черных с изогнутым профилем, 6 рыжих прямоголовых и 3 рыжих с изогнутым профилем. Составьте схему скрещивания и определите генотип и фенотип родителей и потомков.

86. В хозяйство, занимающееся разведением мясного скота, было завезено 50 телок и один бык. Все животные были черными и комолыми, то есть по фенотипу они были сходны с абердин-ангусами. Точных сведений о их происхождении не было. Среди полученных от этих животных 50-ти телят 28 были черными комолыми, 10 – красными комолыми, 8 – черными рогатыми и 4 теленка – красными рогатыми. Какие признаки являются доминантными, а какие рецессивными? Каков генотип завезенных животных? Каково теоретически ожидаемое расщепление в их потомстве?

87. У кур гороховидный гребень контролируется геном «*P*», розовидный – геном «*R*», а простой (листовидный) – их рецессивными аллелями «*p*» и «*r*». Какие гребни будет иметь потомство, полученное от следующего сочетания родительских пар: $RrPp \times RrPp$, $RrPp \times Rrpp$, $RRPp \times rrPp$? Выясните это, используя решетку Пеннета. С каким типом взаимодействия генов мы имеем здесь дело?

88. У лошадей ген «*C*», контролирующий серую масть, эпистатичен по отношению к гену вороной масти («*B*»). Их рецессивные аллели в гомозиготном состоянии обуславливают рыжую масть (ссвв). Каким будет соотношение фенотипов во втором поколении при спаривании вороных лошадей с серыми (второе поколение получено от спаривания животных первого поколения между собой)?

89. У лошадей серая масть (ген «*C*») доминирует над рыжей (ген «*c*»), вороная (ген «*B*») – над рыжей (ген «*b*»). Ген «*C*» эпистатичен по отношению к гену «*B*». При скрещивании серого жеребца с серой кобылой получен рыжий жеребенок. Каковы генотипы родителей? Какое потомство можно ожидать при повторении этих спариваний? Покажите это на решетке Пеннета.

90. При скрещивании кур, имеющих гребель розовидной формы, с петухами, гребень которых гороховидный, получено 18 потомков с ореховидным гребнем, 13 – с розовидным, 11 – с гороховидным и 12 – с простым (листовидным). Розовидная форма гребня у кур контролируется геном «*R*», гороховидная – геном «*P*». Определите генотипы родителей, генотипы и фенотипы потомков.

91. У кур розовидная форма гребня контролируется геном «*R*», гороховидная – геном «*P*», листовидная – их рецессивными аллелями «*г*» и «*р*». При скрещивании кур, имеющих ореховидный гребень с петухами, имеющими листовидный гребень,

были получены следующие результаты: 50% потомков имели ореховидный гребень и 50% – розовидный. Определите генотипы родителей, составьте схему скрещивания и определите генотипы и фенотипы потомков.

92. У кур розовидная форма гребня контролируется геном «*R*», гороховидная – геном «*P*», а листовидная – их рецессивными аллелями «*r*» и «*p*». От курицы с ореховидным гребнем получено $\frac{3}{8}$ потомков с розовидным гребнем, $\frac{3}{8}$ – с ореховидным, $\frac{1}{8}$ – с листовидным. Отец цыплят имел розовидный гребень. Составьте схему скрещивания. Определите генотипы родителей и их потомков.

93. У кур розовидный гребень контролируется геном «*R*», гороховидный – геном «*P*», а листовидный – их рецессивными аллелями «*r*» и «*p*». Петуха с ореховидным гребнем спарили с тремя курами. Курица № 1, гребень которой ореховидной формы, дала потомство с отношением фенотипов 3 ореховидных и 1 розовидный. Курица № 2 (гороховидный гребень) дала потомков в следующем отношении: 3 ореховидных, 3 гороховидных, 1 розовидный и 1 листовидный (простой). От курицы № 3 получены потомки только с ореховидным гребнем. Определите генотипы петуха, трех кур и их потомков, составив для этого схемы скрещиваний.

94. Петух с розовидным гребнем (ген «*R*») спарен с имеющей гороховидный гребень (ген «*P*») курицей. От этого спаривания получено 25 потомков с гороховидным гребнем, 24 – с ореховидным, 26 – с розовидным и 22 – с простым (листовидным) гребнем. Определите генотипы родителей, составьте схему скрещивания и определите генотипы и фенотипы потомков.

95. Скрещиваются между собой алеутские (aaPP) и серебристо-голубые норки (AApp). В каком количестве в F_2 будет получено сапфировых, то есть голубых (aarp), алеутских (aaP₋), серебристо-голубых (A₋pp) и стандартных {A₋P₋} норок? Составьте схему скрещивания и определите соотношение фенотипов и генотипов в F_2 .

96. Скрещиваются между собой норки рояль-пастель, то есть светлокоричневые (QQVV) и зеленоглазая пастель (qqBB), то есть светлокоричневая с песочным оттенком. Сколько будет получено в F_2 потомков: Q₋V₋ (стандартных), qqB₋ (зеленоглазая пастель), Q₋vv (рояль-пастель) и qqvv (зелено-пастель или американский топаз), имеющих светлокоричневую окраску, которых можно разводить «в себе» без расщепления?

97. У собак породы доберман-пинчер ген «В» определяет черную окраску шерсти, а «в» – коричневую (кофейную). Другой ген «D – усилитель – определяет интенсивность окраски (распределение пигмента в корковом и мягкотном веществе волоса), а «d» – ослабитель (пигмент имеется только в мягкотном веществе, а в корковом содержится в виде отдельных вкраплений, что приводит к голубой окраске волос). При спаривании кофейного добермана *vvDD* с голубым *BBdd* в F_1 рождаются черные потомки. В каком соотношении в F_2 появятся черные, голубые и кофейные разных оттенков?

98. У кур позднее оперение (ген *Sk*) сцеплено с полом и доминирует над ранним оперением (ген «*sk*»). Определите генотипы и фенотипы петушков и курочек, полученных от спаривания следующих кур с гомозиготными петухами:

- а) поздняя курица × ранний петух;
- б) ранняя курица × поздний петух.

99. У кошек гены, определяющие окраску шерсти, сцеплены с полом. Рыжая окраска (ген «В»), доминирует над черной (ген «в»), а у гетерозигот (*Vv*) формируется пестрая («черепаховая») окраска. Каким будет потомство, полученное от спаривания черного кота с пестрой кошкой? С рыжей кошкой?

100. У кур гены, контролирующие окраску оперения, локализованы в X-хромосоме. У кур породы плимутрок серая окраска оперения (ген «В») доминирует над черной (ген «в»). Определите: 1) Фенотип F_1 (отдельно для петушков и курочек), если серая курица спарена с черным петухом. 2) Расщепление по окраске оперения в F_1 у курочек и петушков, если серый петух, у матери которого было черное оперение, спарен с черной курицей.

101. У однодневных цыплят породы плимутрок ген серой окраски оперения «В» проявляется в виде белого пятна на голове. Оперившись, такие цыплята становятся серыми. При определенных типах спаривания этот сцепленный с полом признак служит «метчиком» (маркером) пола. Определите, при каком типе спаривания можно по метке на голове определить пол цыплят: 1) Куры серые спарены с черным петухом. 2) Куры черные спарены с серым петухом.

102. У кошек гены, определяющие окраску шерсти, сцеплены с полом. Ген «В» контролирует рыжую окраску, ген «в» – черную. У гетерозигот формируется пестрая масть. Черная кошка принесла четырех котят, один из которых имеет пеструю масть, а три – черную. Какую окраску шерсти имеет отец этих котят? Какого пола черные котята?

103. У кроликов окраска волосяного покрова «шиншилла» (ген «с^{ch}») доминирует над альбинолизмом (ген «с^a»). Гетерозиготы с^{ch}с^a имеют светлосерую окраску. На кролиководческой ферме среди молодняка кроликов шиншилла произошло выщепление альбиносов. Из 5400 крольчат 17 оказались альбиносами. Пользуясь формулой Харди-Вайнберга, выясните, сколько было получено гомозиготных крольчат шиншилла.

104. В свободно размножающейся популяции доля особей «AA» равна 0,81. Какая часть должна быть гетерозиготной «Aa»? Вычислите это, используя формулу Харди-Вайнберга.

105. Изучая распространение безухости в популяции каракульских овец, Б. Н. Васин установил по гену безухости следующее соотношение генотипов: 729AA + 111Aa+4aa. Соответствует ли это соотношению теоретически ожидаемому, рассчитанному по формуле Харди-Вайнберга?

106. Какова концентрация доминантного гена «R» (при условии применимости закона Харди-Вайнберга), если гомозиготы по рецессивному гену «r» составляют такой процент от всей популяции: 49, 36, 25, 4? Определите генетическую структуру этих популяций.

107. У крупного рогатого скота гидроцефалия (водянка головного мозга) приводит к смерти телят на 2-3 день жизни. Заболевание обусловлено действием аутосомного рецессивного гена. На одной из ферм из 600 родившихся телят 3 погибли от гидроцефалии. Пользуясь формулой Харди-Вайнберга, определите количество телят-носителей гена; данного заболевания.

108. У крупного рогатого скота сплошная окраска (ген «С») доминирует над пестрой (ген «с»). В популяции беспородного скота, насчитывающей 940 голов. 705 животных имели черно-пеструю масть и 235 – сплошную черную. Пользуясь формулой Харди Вайнберга, определите частоту фенотипов и концентрацию генов «С» и «с».

109. У крупного рогатого скота черная масть (ген «А») доминирует над красной (ген «а»). В популяции ярославского скота, состоящей из 850 животных, 799 имели черную масть и 51– красную. Определите частоту фенотипов, концентрацию генов «А» и «а» и структуру популяции по генотипам.

110. У крупного рогатого скота шортгорнской породы было установлено следующее расщепление по масти: 4169 красных,

3780 чалых и 756 белых особей. Красная масть обусловлена геном «R», белая – геном «r». У гетерозигот формируется чалая масть. Определите концентрацию генов «R» и «r» и теоретически ожидаемое, рассчитанное по формуле Харди-Вайнберга, соотношение генотипов.

111. Амилаза – фермент, расщепляющий крахмал. У крупного рогатого скота чаще всего встречаются два типа этого фермента: В и С, которые контролируются двумя кодоминантными генами «Am^b» и «Am^c». В стаде крупного рогатого скота было установлено следующее распределение этого фермента по типам: 58 особей типа ВВ, 216 – ВС и 186 – ОС. Определите частоту фенотипов и концентрацию аллелей Am^b и Am^c.

112*. Цепочка аминокислот участка рибонуклеазы имеет следующее строение: лизин–глутамин–треонин–аланин– аланин–аланин–лизин... Какова последовательность азотистых оснований участка гена, соответствующего этому участку белка?

113*. Какой последовательностью азотистых оснований молекулы ДНК кодируется участок белковой молекулы, если известно, что он имеет следующее строение: пролин–лейцин–валин–аргинин–пролин–аргинин?

114*. Определите порядок следования друг за другом аминокислот в участке молекулы белка, если он кодируется такой последовательностью азотистых оснований участка молекулы ДНК: ТГАТГЦГТТТАТГЦГЦ... Как изменится ответ, если из молекулы ДНК удалить девятое и двенадцатое азотистые основания?

115*. Какая последовательность аминокислот кодируется такой последовательностью азотистых оснований участка молекулы ДНК: ЦЦТАГТГТГААЦЦАГ... и какой станет последовательность аминокислот, если между шестым и седьмым основаниями вставить тимин?

116*. Участок гена имеет следующее строение: ЦГЦГЦГЦЦААААТЦГ... Определите последовательность аминокислот участка белковой молекулы, информация о которой содержится в данном гене. Как отразится на строении белка удаление из гена четвертого азотистого основания?

117*. Выпишите и дайте объяснение всем терминам, встретившимся вам при выполнении работы.

* Таблица генетического кода находится в учебниках (№ 3, с. 200 и № 7, с. 92).

конец

Дополнительный список учебников и пособий

Словари

- Крюков В.И. Генетика. **Терминологический словарь минимум.** –Орёл: Изд-во ОрёлГАУ, 2009. –39 с. *Знание этих 300 терминов необходимо для успешной сдачи экзамена.*
- Крюков В.И. Генетика. **Учебный словарь терминов.** *(содержит толкование более 1000 генетических терминов)* –Орёл: Изд-во ОрёлГАУ, 2009. –155 с.

Учебные пособия

- Крюков В.И. Генетика. Часть 1. **Введение в генетику. Молекулярные основы наследственности.**–Орёл: Изд-во ОрёлГАУ, 2006. –192 с. Гриф УМО № 06-523 от 26.05.2006
- Крюков В.И. Генетика. Часть 2. **Цитологические основы наследственности. Размножение клеток и организмов.** –Орёл: Изд-во ОрёлГАУ, 2006. –173 с. с илл. Гриф УМО № 06-522 от 26.05.2006
- Крюков В.И. Генетика. Часть 3. **Закономерности наследования признаков. Взаимодействие неаллельных генов.** –Орёл: Изд-во ОрёлГАУ, 2006. –171 с. с илл. Гриф УМО № 06-521 от 26.05.2006
- Крюков В.И. Генетика. Часть 4. **Генетика пола. Сцепление генов и кроссинговер.** –Орёл: Изд-во ОрёлГАУ, 2006. –167 с. Гриф УМО № 06-520 от 26.05.2006
- Крюков В.И. Генетика. Часть 5. **Статистические методы изучения изменчивости.** –Орёл: Изд-во ОрёлГАУ, 2006. –208 с. Гриф УМО № 06-517 от 26.05.2006
- Крюков В.И. **Основы биометрии.** –Орёл: Изд-во ОрёлГАУ, 2007. –207 с.
- Крюков В.И. Генетика. Часть 7. **Генетические основы иммунитета** – Орёл: Изд-во ОрёлГАУ, 2006. –142 с. Гриф УМО № 06-519 от 26.05.2006
- Крюков В.И. Генетика. Часть 14. **Генетика количественных признаков. Генетические основы селекции.** Орёл: Изд-во ОрёлГАУ, 2009. –137 с..
- Крюков В.И. Генетика. Часть 16. **Основы генетики поведения.** –Орёл: Изд-во ОрёлГАУ, 2006. –82 с. Гриф УМО № 06-518 от 26.05.2006

Учебники

- Бакай А.В., Кочиш И.И., Скрипниченко Г.Г. **Генетика**. –М.: КолосС, 2006. –408 с. Учебн. для с.-х. ВУЗов, спец. 110401 – зоотехния.
- Гутман Б., Гриффитс Э., Сукузи Д. и др. **Генетика**: Пер. с англ. –М.: «Фаир-пресс», 2004.
- Жученко А.А. и др. **Генетика**. / Жученко А.А., Гужов Ю.Л., Пухальский В.А., Смиряев А. В. –М.: КолосС, 2003. – 480 с.
- Иванов В.И., Барышникова Н.В., Билева Д.С. и др. **Генетика**. Учебн. для медицинских ВУЗов –Москва, ИКЦ «Академкнига», 2007. –638 с.
- Клагг У., Камингс М. **Основы генетики**. –М.: Техносфера, 2007. –894 с.
- Петухов В.Л. и др. **Ветеринарная генетика**. Учебн. для с.-х. ВУЗов, специальность 111201 – ветеринария //Петухов В.Л., Жигачев А.И., Назарова Г.А. – 2-е изд. –М.: Колос, 1996. – 384 с.
- Петухов В.Л. и др. **Генетика**. Учебн. для с.-х. ВУЗов, специальность 110401, зоотехния. //Петухов В.Л., Короткевич О.С. Стамбеков С.Ж., Жигачёв А.И., Бакай А.В.–Новосибирск: Изд-во СемГПИ 2007. –628 с.
- Петухов В.Л., Жигачёв А.И. **Ветеринарная генетика** (3-е издание) – Новосибирск, 2007. –780 с.

Дополнительная учебная литература

- Алифанов В.В., Востроилов А.В., Котарёв В.И. **Разведение сельскохозяйственных животных**. –Воронеж: Изд-во ВГАУ, 2005. – 260 с.
- Глазко В.И., Дунин И.М., Глазко Г.В., Калашникова Л.А. **Введение в ДНК-технологии**. –М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 436 с.
- Гланц С. **Медико-биологическая статистика**. –М.: «Практика», 1999. – 460 с.
- Жимулёв И.Ф. **Общая и молекулярная генетика**. Учебник для вузов. – Новосибирск. Изд-во НГУ. 2002. –459 с.
- Зиновьева Н.А., Эрнст Л.К. **Проблемы биотехнологии и селекции сельскохозяйственных животных**. –М.: ВГАВМиБ, 2001.
- Соболев А.Н. **Методические рекомендации по решению генетических задач**. –Орёл: Изд-во ООИУУ, 2002. –96 с.
- Уиллис М.Б. **Генетика собак**. –М.: Центрполиграф, 2000. – 604 с.
- Эрнст Л.К. **Генетические основы селекции сельскохозяйственных животных**. –М.: Изд-во ВИЖ РАСХН. 2004. –737 с.
- Эрнст Л.К., Зиновьева **Проблемы биотехнологии и селекции сельскохозяйственных животных**. –М.: Изд-во ВИЖ РАСХН. 2006. –342 с.

Список экзаменационных вопросов для студентов заочного отделения ОрёлГАУ, обучающихся по специальности «Зоотехния» для подготовки к экзаменам по курсу «Генетика и биотехнология»

ВВЕДЕНИЕ

1. Предмет генетики. Генетика – одна из основополагающих наук современной биологии. Генетика как теоретическая основа селекции с.-х. животных.
2. Проявление наследственности и изменчивости на молекулярном, субклеточном, клеточном, организменном, популяционном уровнях.
3. Наследственность. Ядерная и цитоплазматическая наследственность.
4. Виды изменчивости: онтогенетическая, модификационная, комбинативная и мутационная.
5. Значение модификационной изменчивости для практики животноводства. Коррелятивная изменчивость. Использование изменчивости организмов в селекционной работе.
6. Методы генетики: гибридологический, генеалогический, фенотипический, популяционный, мутационный, рекомбинационный, биометрический анализ, методы биохимической генетики, методы иммуногенетики. Краткая характеристика каждого метода. Задачи, решаемые при использовании каждого метода.
7. Основные этапы развития генетики. Роль отечественных ученых в развитии генетики.
8. Современное состояние и проблемы генетики в связи с актуальными проблемами человечества (пищевых ресурсов, роста народонаселения, здоровья человека, охраны окружающей среды и т. д.). Достижения современной генетики и пути ее дальнейшего развития.

ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

9. Клетка как генетическая система. Строение клетки прокариот. Строение клетки эукариот. Органоиды клетки, содержащие материал наследственности. Отличие эукариотической клетки от прокариотической.
10. Роль ядра и других органелл клетки в передаче, сохранении и реализации наследственной информации. Доказательства роли ядра в наследственности.
11. Хромосомы, их морфологическое строение и химический состав. Гаплоидный и диплоидный наборы хромосом. Аутосомы и половые хромосомы.
12. Понятие генома и кариотипа. Видовая специфичность кариотипа.

13. Методы изучения кариотипа. Принципы номенклатуры хромосом человека и сельскохозяйственных животных.
14. Митотический цикл и жизненный цикл клетки. Митоз, его генетическая сущность и значение в жизни клетки и организма.
15. Амитоз. Эндомитоз. Политения. Патология митоза.
16. Организация хромосом на разных стадиях жизни клетки и деления ядра.
17. Мейоз, его генетическая и биологическая сущность.
18. Сперматогенез. Изменение ploидности и содержания ДНК в клетках при формировании сперматозоидов.
19. Оогенез. Изменение ploидности и содержания ДНК в клетках при формировании яйцеклеток.
20. Оплодотворение. Патология при оплодотворении (полиандрия, полигиния). Генетическое значение оплодотворения.
21. Половой процесс как средство реализации комбинативной изменчивости и обеспечения жизнеспособности организма. Патологии при митозе, гаметогенезе и оплодотворении.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ПРИ ПОЛОВОМ РАЗМНОЖЕНИИ

22. Моногибридное скрещивание. Особенности экспериментального метода Менделя. Понятие об аллельности, гомо- и гетерозиготности. Понятия «генотип» и «фенотип». Первый и второй законы Менделя. Правило «чистоты» гамет.
23. Цитологический механизм моногибридного скрещивания.
24. Возвратные, анализирующие, рецiproкные скрещивания.
25. Виды доминирования: полное, неполное, кодоминирование, сверхдоминирование.
26. Множественный аллелизм. Примеры.
27. Дигибридное и полигибридное скрещивание. Третий закон Менделя.
28. Статистический характер расщепления.
29. Факторы, влияющие на характер расщепления признаков у гибридов: значение объема выборки, влияние внешней среды, жизнеспособность разных фенотипов (гамет, зигот, эмбрионов и особей) к моменту анализа. Летальное действие некоторых генов у сельскохозяйственных животных.
30. Наследование признаков при комплементарном взаимодействии генов. Причины различных вариантов расщепления по фенотипу.
31. Наследование признаков при эпистатическом взаимодействии генов. Супрессия как основа эпистатического взаимодействия генов.
32. Наследование признаков при полимерном взаимодействии генов. Виды полимерии, их значение в практике животноводства.

33. Гены-модификаторы и их модифицирующее действие генов. Плейотропное действие генов. Наследственность и среда. Экспрессивность и пенетрантность генов.

ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

34. Сцепленное наследование признаков и его объяснение. Группы сцепления. Характер расщепления при независимом и сцепленном наследовании.
35. Кроссинговер как причина неполного сцепления генов. Генетическое доказательство кроссинговера. Закон сцепления Моргана. Частота кроссинговера.
36. Цитологическое доказательство кроссинговера
37. Одинарный и множественный перекресты хромосом. Явление интерференции кроссинговера. Хромосомная теория наследственности Моргана. Закон линейного расположения генов в хромосоме.
38. Использование частоты кроссинговера для локализации гена и генетического картирования. Генетические карты.
39. Сравнение генетических и цитологических карт.
40. Влияние генетических и внешних факторов на частоту кроссинговера.
41. Общебиологическая роль кроссинговера как средства усиления комбинативной изменчивости. Перспективы использования генетических карт в практике.
42. Значение сцепления и кроссинговера в эволюции и селекции.

ГЕНЕТИКА ПОЛА

43. Пол как совокупность признаков, обеспечивающих воспроизводство потомства. Прогамное, эпигамное и сингамное определение пола.
44. Типы хромосомного определения пола. Кариотипы мужского и женского пола у разных видов. Гомогаметный и гетерогаметный пол.
45. Особенности сцепленного с полом наследования. Зависимость признака от локализации гена в одной из половых хромосом. Примеры генетически обусловленных болезней, наследуемых сцепленно с полом.
46. Практическое использование сцепленного с полом наследования.
47. Признаки, ограниченные полом и признаки, контролируемые полом.
48. Потенциальная бисексуальность организмов. Интерсексуальность. Фримартинизм, гермафродитизм, гинандроморфизм, их теоретическое и практическое значение.
49. Хромосомная теория определения пола. Балансовая теория определения пола. Общая генная природа этих явлений.

50. Экспериментальное переопределение пола у птиц, рыб и других животных. Опыты по регуляции соотношения полов и возможность получения животных только одного пола.
51. Практическое значение сдвига в соотношении полов в различных отраслях животноводства.
52. Партогенез, гиногенез и андрогенез, их значение для понимания наследственности и перспектива практического использования.

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

53. Доказательства хранения и передачи генетической информации нуклеиновыми кислотами (эксперименты Ф. Гриффитса с пневмококками; эксперименты Н. Цандлера и Дж. Ледерберга с сальмонеллой).
54. Химическая структура ДНК. Пиримидиновые и пуриновые основания. Строение нуклеотида. Первичная, вторичная и третичная структура молекулы ДНК. Правило комплементарности. Видовая специфичность молекул ДНК.
55. Химическое строение РНК. Типы РНК. Функции РНК.
56. Репликация молекулы ДНК. Репликон и репликационная вилка. Механизм репликации. Ферменты репликации. Скорость репликации ДНК у вирусов, прокариот и эукариот.
57. Реализация наследственной информации. Транскрипция.
58. Отличие матричных РНК в клетках прокариот и эукариот. Интроны и экзоны. Сплайсинг.
59. Химическая структура и биосинтез белков. Трансляция: инициация, элонгация и терминация синтеза.
60. Генетический код и его свойства: триплетность, неперекрываемость, вырожденность и универсальность. Колинеарность гена и кодируемого им белка.
61. Регуляция активности генов у прокариот. Теория Ф. Жакоба и Ж. Моно о механизме регуляции действия генов. Адаптивный синтез ферментов. Оперон.
62. Структурные и регуляторные гены у прокариот. Негативная и позитивная индукция и репрессия генной активности у прокариот.
63. Регуляция генной экспрессии у эукариот. Современное представление о гене как единице наследственности.

БИОТЕХНОЛОГИЯ И ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

64. Строение вирусов и бактерий.
65. Особенности размножения вирусов. Вирулентные и умеренные фаги. Понятие о профаге и лизогении бактерий.
66. Лизогенное состояние клеток как возможная причина заболевания животных.

67. Обмен генетическим материалом у прокариот: конъюгация.
68. Обмен генетическим материалом у прокариот: трансдукция.
69. Обмен генетическим материалом у прокариот: трансформация.
70. Биотехнология. Цели и задачи.
71. Генная инженерия. Получение генов путём синтеза – химического и ферментативного. Ферменты – главные инструменты генетической инженерии (обратная транскриптаза, рестриктирующая эндонуклеаза и др.).
72. Рекомбинантные ДНК. Переносчики генетической информации (векторы).
73. Схема введения чужеродного гена в вектор.
74. Принципиальная схема введения чужеродного гена в организм животных.
75. Клеточная инженерия. Культивирование клеток. Гибридизация соматических клеток.
76. Гибридная технология получения моноклональных антител.
77. Современные методики биотехнологии воспроизводства с.-х. животных. Трансплантация эмбрионов. Получение зигот и эмбрионов в организме донора и их оценка по пригодности к пересадке в организм реципиента. Отбор и подготовка реципиентов, пригодных для использования и приема трансплантантов.
78. Клонирование эмбрионов млекопитающих. Биотехнология оплодотворения в условиях *in vitro*.
79. Методы получения химерных организмов (генетических мозаиков или аллофенов). Получение трансгенных животных.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОНТОГЕНЕЗА

80. Понятие онтогенеза. Биогенетический закон Мюллера-Геккеля.
81. Генетическая основа дифференциации клеток и тканей в процессе онтогенеза.
82. Опыты Д. Гердона по доказательству сохранения генетической информации в соматических клетках при индивидуальном развитии животных.
83. Роль генетической информации на начальных и последующих этапах онтогенеза. Понятие неравномерности, неоднородности, необратимости и обратимости процессов дифференциации и роста животных.
84. Взаимодействие ядра и цитоплазмы в развитии. Проявление генетической нормы реакции организма в различных условиях внешней среды.
85. Критические периоды развития. Целостность и дискретность организма в онтогенезе.

86. Значение активности ферментов и уровня обмена веществ, а также факторов внешней среды в реализации генетической потенции животных.
87. Фенокопии и морфозы, их значение в практике животноводства. Перспективы использования биологически активных соединений (гормоны, витамины, микроэлементы, микродозы супермутагенов) для реализации наследственных возможностей организма и получения желательной модификационной изменчивости.

МУТАЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

88. Понятие о мутации и мутагенезе. Роль Г. де Фриза в развитии теории мутаций.
89. Классификации мутаций.
90. Генные мутации, молекулярно-биологический механизм и причины возникновения. Проявление мутаций в зависимости от генотипа и внешней среды.
91. Роль ферментных систем репарации в поддержании активного состояния ДНК и возникновении мутаций. Фотореактивация и темновая (дорепликативная и постреликативная) репарации, SOS-репарация. Мутагенез как следствие аномальной работы репарационных систем.
92. Понятие о мутабельности генов. Частота мутаций. Физические, химические и биологические мутагены.
93. Значение индуцированных мутаций в селекции вирусов, микроорганизмов, растений и животных.
94. Закон Н.И. Вавилова о гомологических рядах в наследственной изменчивости и его использование при изучении наследственных болезней.
95. Генетические последствия загрязнений внешней среды. Проблема направленного мутагенеза.
96. Хромосомные aberrации (перестройки), их классификация, механизмы образования.
97. Влияние хромосомных перестроек на продуктивность, жизнеспособность и воспроизводительную способность животных.
98. Робертсоновские транслокации (центрические слияния хромосом), их практическая ценность и значение в животноводстве.
99. Гетероплоидия как одна из причин наследственных аномалий (синдромы Дауна, Эдварса, Патау, Клайнфельтера и др.).
100. Полиплоидия. Разновидности и особенности полиплоидов, причины возникновения, распространение, практическое и эволюционное значение. Примеры полиплоидных форм, в том числе полезных для сельского хозяйства и ветеринарной медицины.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ И КАЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ

101. Понятие о биометрии и основных ее направлениях.
102. Средний уровень варьирующего признака в выборочной или генеральной совокупности особей. Величины средних значений признака – средняя арифметическая, геометрическая, квадратическая, гармоническая, мода, медиана.
103. Показатели, характеризующие степень изменчивости признака у животных.
104. Типы распределения варьирующих признаков (нормальное, биномиальное, асимметрическое, эксцессивное, трансгрессивное).
105. Определение статистических ошибок и достоверности разности между средними двух выборок.
106. Использование критерия «хи-квадрат».
107. Биометрические показатели связи между признаками. Свойства коэффициента корреляции.
108. Основы регрессионного анализа.
109. Основы дисперсионного анализа.
110. Полимерное и полигенное действие генов. Понятие об аддитивных генах. Понятие о коэффициентах наследуемости (h^2) и повторяемости (r_w) и методы их вычисления с помощью коэффициентов связи и дисперсионного анализа.
111. Практическое значение коэффициентов наследуемости (h^2) и повторяемости (r_w) для селекционной работы при прогнозировании эффективности отбора.
112. Взаимодействие генотипа и среды. Влияние на коэффициенты наследуемости (h^2) и повторяемости (r_w) генотипических и паратипических факторов.
113. Селекционный дифференциал, селекционный эффект, интенсивность селекции.

ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦИЙ

114. Понятие о популяции и чистой линии. Методы их изучения. Панмиктическая, исходная, гетерогенная и контрольная популяции.
115. Характеристика генетической структуры популяций по соотношению генных частот гомозиготных и гетерозиготных генотипов. Закон Харди-Вайнберга и его практическое использование при анализе структуры популяции.
116. Основные факторы, влияющие на генетическую структуру популяции: генные и хромосомные мутации; миграция особей; способ размножения; отбор; случайный генетический тренд (дрейф).

117. Влияние инбридинга и случайных скрещиваний на генетическую структуру популяции.
118. Типы искусственного отбора – направленный, стабилизирующий, дивергентный, технологический, косвенный. Влияние внешней среды на эффективность отбора.
119. Понятие о генофонде вида, популяции, породы. Численность генофонда основных видов с.-х. животных. Методы и приемы сохранения генофонда промышленного животноводства и резервы его увеличения. Практические примеры использования новых видов животных для получения продуктов питания и сырья для промышленности.
120. Генетический груз как резерв наследственной изменчивости вида.
121. Возникновение популяций как следствие географической, сезонной и репродуктивной изоляций. Значение изоляции для дивергенции и эволюции видов.
122. Генетическая адаптация животных. Генетический гомеостаз популяции.

ИНБРИДИНГ, ИНБРЕДНАЯ ДЕПРЕССИЯ И ГЕТЕРОЗИС

123. Понятие об инбридинге и инбредной депрессии, их биологические особенности и генетические основы. Способы ослабления инбредной депрессии. Влияние инбридинга на генетическую структуру популяций.
124. Использование инбридинга в животноводстве при выведении инбредных линий. Генетическая сущность коэффициента инбридинга и коэффициента генетического сходства. Методы оценки степени инбридинга.
125. Гетерозис, его биологические особенности и генетические причины.
126. Гипотезы, объясняющие эффект гетерозиса.
127. Возникновение гетерозиса при разных типах скрещивания: межвидовом, межпородном, межлинейном. Истинный и гипотетический гетерозис.
128. Ослабление эффекта гетерозиса в поколениях. Перспективы закрепления гетерозиса. Роль явления гетерозиса в практике различных отраслей животноводства.

ГЕНЕТИКА ИММУНИТЕТА, АНОМАЛИЙ И БОЛЕЗНЕЙ

129. Понятие об иммунитете и иммунной системе организма. Неспецифические факторы защиты.
130. Специфический иммунитет. Клеточная и гуморальная системы иммунитета. Роль В-лимфоцитов и Т-лимфоцитов.
131. Генетический контроль иммунного ответа. Теория иммунитета.

132. Иммунологическая обусловленность уровня воспроизведения (см.: Меркурьева, «Генетика» с. 124-133).
133. Учение об уродствах и врожденных аномалиях. Понятие о генетических, наследственно-средовых и экзогенных аномалиях. Распространение генетических аномалий в популяциях животных разных видов и их профилактика.
134. Определение типа наследования аномалий по родословным.
135. Генетическая устойчивость и восприимчивость животных к инфекциям и инвазиям.
136. Роль наследственности в проявлении незаразных болезней. Моногенный и полигенный характер устойчивости. Влияние факторов среды на устойчивость к заболеваниям.
137. Методы и мероприятия по повышению устойчивости животных к заболеваниям. Примеры успешной селекции в этом направлении.

ОСНОВЫ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ И БИОХИМИЧЕСКОЙ ГЕНЕТИКИ

138. Иммуногенетика – наука о генетическом полиморфизме антигенного состава клеток животных. Особенности эритроцитарных антигенов животных и методы их определения.
139. Иммуногенетический контроль структуры популяции.
140. Понятие о системах гистосовместимости у сельскохозяйственных животных.
141. Генетический полиморфизм белков и ферментов крови, молока, яйца, спермы и его использование в селекции. Генетико-математический анализ полиморфных генетических систем.

ОСНОВЫ ГЕНЕТИКИ ПОВЕДЕНИЯ

142. Основы этологии с.-х. животных. Учение И.П. Павлова и И.М. Сеченова об условно-рефлекторной деятельности как реакции на внешние раздражения. Основные формы поведения животных. Влияние факторов среды и материнского организма на поведение и адаптацию организма животных. Генетические основы высшей нервной деятельности и поведения.
143. Факторы, влияющие на поведение животных: domestикация, селекция, стабилизирующий отбор, стресс и др. Использование генетически обусловленного поведения животных в селекционной практике.

ГЕНЕТИКА И ЭВОЛЮЦИОННОЕ УЧЕНИЕ

144. Генетика как одна из основ эволюционного учения. Значение открытия нуклеиновых кислот и универсального генетического кода для понимания эволюции жизни на единой генетической основе.

145. Происхождение и развитие жизни, генетическая основа становления доклеточных и клеточных форм жизни.
146. Значение мутационной изменчивости в эволюционном процессе. Популяция как единица эволюции.
147. Факторы видообразования.
148. Формы отбора и их влияние на генофонд.