

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Башкирский государственный аграрный университет

Кафедра пчеловодства, частной
зоотехнии и разведения
животных

Б1.О.14 ГЕНЕТИКА И БИОМЕТРИЯ

**Методические указания
для самостоятельной работы студентов**

Направление подготовки:

36.03.02 Зоотехния

Профиль подготовки:

Промышленное пчеловодство

Квалификация выпускника:

Бакалавр

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета биотехнологий и ветеринарной медицины (протокол № 8 от 21 марта 2024 года).

Составитель: канд. с.-х. наук Разяпова Л.Ф.

Ответственный за выпуск:

Заведующий кафедрой пчеловодства, частной зоотехнии и разведения животных, канд. с.-х. наук, доцент Шелехов Д.В.

Раздел 1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 36.03.02 - Зоотехния, утвержденный приказом Министерством образования и науки Российской Федерации

Согласно ФГОС ВО по направлению подготовки 36.03.02 –Зоотехния, утверждённому приказом Министерством образования и науки Российской Федерации от 22.09.2017 г. (№972), бакалавры изучают дисциплину «Генетика и биометрия» на втором и третьем курсах (4-й и 5-й семестры). На изучение предмета отводится 216 учебных часов, в том числе 28 часов - на курс лекций, 44 часов - на лабораторно-практические занятия и 108 часов - на самостоятельную работу.

На аудиторных занятиях и в процессе самостоятельной работы студенты осваивают основные законы изменчивости и наследования признаков живых организмов (строение ДНК, генетический код, менделизм, хромосомная теория наследственности Моргана, наследование при взаимодействии генов, генетика пола), приобретают навыки по правильному оформлению схем моногибридного и дигибридного скрещивания, по применению генетико-статистических закономерностей и расчетов в практике разведения сельскохозяйственных животных, генетико-биометрическим методам анализа изменчивости и наследуемости количественных признаков животных.

Библиография

1. Бакай, А.В. Генетика. Учебник. // Бакай А.В., Кочиш И.И., Скрипиченко Г.Г.- М.:КолосС, 2006.- 448 с.
2. Петухов, В.Л. Генетика. Учебник.//Петухов В.Л., Короткевич О.С., Стамбеков С.Ж., Жигачёв А.И., Бакай А.В.- Новосибирск.: СемГПИ, 2007 – 628 с.
3. Меркурьева, Е.К., Абрамова З.В., Бакай А.В., Кочиш И.И. Генетика: Учебник.- М.: Агропромиздат, 1991. – 446 с.
4. Долматова, И.Ю. Решение задач по генетике: Учебное пособие . – Уфа.: БГАУ, 2016. - 128 с.
5. Петухов В.Л., Назарова Г.А., Жигачев А.И. Ветеринарная генетика. – М.: Колос, 1996. – 384 с.
6. Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции: Учебник для биол. спец. ун-тов.- М.: Высшая школа.- 591 с.

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

2.1 Введение. Предмет и методы генетики. Краткая история ее развития. Виды наследственности и изменчивости.

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.
- первый синтез гена *in vitro* К. Корана (1972)
- появление первого трансгенного (генетически модифицированного) млекопитающего (мышь) (Пальмитер, 1982).
- изобретение К. Мюллисом полимеразной цепной реакции (ПЦР) синтеза гена (1993)
- опубликование генетических карт хромосом человека (1994)
- секвенирование (расшифровка нуклеотидных последовательностей) генов бактерий (1995)
- клонирование млекопитающих из соматической клетки (Я. Вильмут, 1997)
- Секвенирование генома человека (2001)

Необходимо знать основные этапы развития генетики, вклад отечественных и зарубежных учёных в развитие этой науки.

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 (ДНК хлоропластов, митохондрий и плазмид у

бактерий) и причинами их обуславливающими.

Обратить 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.

Литература: 1, стр.3-15; 2, стр.5-20; 3, стр.3-17; 5, стр.3-7

2.1.1 Вопросы для самопроверки

- 1) Какие виды наследственности и изменчивости 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?

2.2 Биометрические методы анализа изменчивости и наследственности признаков у животных

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 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.

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

для изучения явлений наследственности и изменчивости организмов широко используется биометрический метод, основанный на законе больших чисел и теории вероятности.

Необходимо изучить принципы составления выборки, построения и обработки вариационного ряда и способы вычисления основных его показателей (средняя арифметическая \bar{X} или \bar{M} , среднее квадратическое отклонение σ , коэффициент изменчивости C_v , статистические ошибки.

Методы вычисления биометрических параметров, в том числе критерия их статистической достоверности и достоверности разности средних величин, коэффициентов корреляции и регрессии изложены в рекомендуемых учебниках, а также в пособии «Практикум по генетике» (Ларцева С. Х., Муксинов М. К.)

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). При необходимости определения доли влияния отдельных факторов следует обратиться к дисперсионному анализу, основные элементы и ход которого представлены в упомянутом выше учебном пособии.

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 методических указаниях.

После выяснения понятия «повторяемость» приступайте к изучению методов вычисления коэффициента повторяемости: дисперсионный (по Снедекору), путем вычисления коэффициента корреляции и метод ранговой корреляции (по Спирмену)..

Коэффициенты наследуемости и повторяемости могут быть использованы в племенной работе.

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

Литература: 1, стр.176-227; 2, стр.230-273; 3, стр.165-240; 5, стр.122-156

2.2. 1 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?
- 9). Имеется ли разница в наследовании качественных и количественных признаков?
- 10). Что такое наследуемость? Есть ли разница между понятиями: наследственность, наследование, наследуемость?
- 11). Какие вы знаете методы определения коэффициента наследуемости?
- 12). Какие факторы влияют на величину h^2 ?
- 13). Что такое повторяемость?
- 14). Какие методы используются для вычисления коэффициента повторяемости?
- 15). Какие факторы влияют на величину коэффициента повторяемости?
- 16). Как в племенной работе используются коэффициенты наследуемости и повторяемости?
- 17). Каковы показатели h^2 основных хозяйственно полезных признаков крупного рогатого скота?
- 18). Какие показатели необходимы для расчета эффекта селекции крупного рогатого скота по основным хозяйственно полезным признакам?

2.3. Организация наследственного материала. ДНК-носитель наследственной информации

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); 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.

Завершается эта тема изучением строения хромосом, которые являются материальными носителями наследственной информации. Химический анализ структуры хромосом показал наличие в них двух основных компонентов: ДНК и белков типа гистонов и протаминов. Каждая хроматида содержит одну нить - хромонему, состоящую из одной молекулы ДНК. Структурной основой хроматиды является тяж белковой природы.

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 и парности (гомологичности) хромосом (С. Г. Навашин).

Студенту важно запомнить числа хромосом основных видов сельскохозяйственных и промысловых животных (у КРС- 60, у свиней- 38, у козы-60, у овец- 54, у лошади – 64, у кошки- 36, у собаки- 78, у кур-78, у уток- 80, у гусей-82).

Литература: 1, стр.93-96, 20-24; 2, стр.136-150, 26-35; 3, стр.77-84, 17-23; 5, стр.74-81,9-14.

2.3.1 Вопросы для самопроверки

- 1).Какова структура ДНК по Уотсону и Крику? Что лежит в основе видовой специфичности ДНК?
- 2). Как осуществляется синтез ДНК?
- 3).Что такое ген?
- 4). Каково строение РНК? Как синтезируется РНК?
- 5). Как устроена хромосома? Что общего и каковы различия в строении различных хромосом у одного и того же животного?
- 6) Какие органоиды клетки играют решающую роль в осуществлении наследственности?
- 7). Каков биохимический состав хромосом?
- 8). Что характерно для морфологии хромосом крупного рогатого скота, лошади, овцы, свиньи, курицы?
- 9). Что такое кариотип и каковы его особенности у разных видов

животных?

2.4 Цитологические основы наследственности.

Митоз, мейоз и их биологическое значение

Эта тема посвящена изучению материальных основ передачи наследственности от поколения к поколению.

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.

В этом разделе рассматриваются также 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 рекомбинирования 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.

Литература: 1, стр.24-31; 2, стр.35-48; 3, стр.24-30; 5, стр.17-19

2.4.1 Вопросы для самопроверки

- 1). Что такое гаплоидный и диплоидный наборы хромосом?
- 2) Назовите диплоидные числа хромосом у основных видов сельскохозяйственных животных.
- 3). В чем заключается генетическая сущность митоза?
- 3). В чем заключается генетическая сущность мейоза?
- 5). В результате каких процессов мейоза создаются материальные предпосылки увеличения комбинативной изменчивости?
- 6) Перечислите основные стадии мейоза.
- 7). Каково генетическое значение оплодотворения?
- 8). В чем отличия полового и бесполого размножения?

2.5 Закономерности наследования признаков при половом размножении, установленные Менделем

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 (1900г.) 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 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 (F₁);

2) скрещивание гибридов F₁ между собой и получение гибридов второго поколения F₂;

3) возвратное скрещивание гибридов F₁ с материнской и отцовской формами и получение гибридов (F_B);

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. Форма схем скрещиваний подробно рассматривается на лабораторных занятиях на примере наследования качественных признаков у сельскохозяйственных животных. На схеме дается анализ генотипов, фенотипов (в долях), сортов (типов) гамет.

Литература: 1, стр.33-43; 2, стр. 50-72; 3, стр.32-50; 5, стр.25-32.

2.5.1 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). Что такое летальные гены и каково их действие?

2.6 Наследование при взаимодействии генов

Иногда на формирование признака влияют две или несколько пар неаллельных генов. Проявление признака в этом случае зависит от характера их взаимодействия в процессе развития организма. В первом поколении появляется новый признак, которого не было у исходных родительских форм, и соотношение фенотипов во втором поколении будет иным. Различают несколько типов взаимодействия генов.

Новообразование. Новообразованием называется такой тип взаимодействия генов, когда при их сочетании в одном организме развивается

совершенно новая форма признака. Известно, что у кур гены розовидного и стручковидного гребня не являются аллельными. И стручковидный, и розовидный гребень доминирует над листовидным. При скрещивании кур породы виандот, имеющих розовидный гребень ($RRpp$), с петухами породы брама со стручковидным гребнем ($rrPP$) у потомков первого поколения ($RrPp$) в результате взаимодействия двух доминантных генов R и P развивается новая форма гребня — ореховидная. Скрещивание потомков F_1 между собой ведет к получению в F_2 четырех разных фенотипов в соотношении: 9 — с генами R и P с гребнем ореховидной формы, 3 $R-pp$ — с гребнем розовидной формы, 3 $rrP--$ со стручковидным гребнем и 1 $rrpp$ — с листовидным. Расщепление по фенотипу 9:3:3:1. В этом случае взаимодействие неаллельных генов R и P обуславливает образование новой формы гребня, в то время как каждый из этих генов в отдельности проявляет свой собственный эффект. Особь с листовидным гребнем является двойным рецессивом.

Комплементарное взаимодействие генов. В том случае, когда признак образуется при наличии двух доминантных неаллельных генов, каждый из которых не имеет самостоятельного фенотипического выражения, гены обозначают как **комплементарные**. Например, при скрещивании белых минорок с белыми шелковистыми курами первое поколение получается окрашенным. Для развития окраски необходимо, чтобы в организме синтезировались тирозин — предшественник меланина и фермент тирозингидроксилаза, без которого пигмент не образуется. Обычно способность синтезировать какое-либо вещество доминирует над неспособностью к его образованию. Белые минорки имеют генотип $CCoo$. Они способны синтезировать тирозин, необходимый для образования пигмента, но не способны синтезировать фермент тирозингидроксилазу, превращающий это вещество в пигмент. Белые шелковистые куры имеют генотип $ccOO$. Они не способны синтезировать тирозин, но обладают способностью синтезировать фермент. При спаривании таких кур между собой ($CCoo \times ccOO$) F_1 ($CcOo$) получается окрашенным. В этом случае произошло образование пигмента в результате включения в генотип птиц F_1 обоих доминантных генов — C (обуславливающего синтез тирозина) и O (обуславливающего синтез фермента). Во втором поколении окрашенных птиц ожидается 9 частей ($C.O..$), а белых — 7 частей ($C.oo—3$, $ccO..—3$ и $ccoo—1$).

Эпистаз. При этом типе взаимодействия доминантный ген одной пары аллелей, например ген C , подавляет действие другого неаллельного доминантного гена B . При генотипе $CCBB$ проявляются признаки, обусловленные геном C . Ген, подавляющий развитие другого признака, называется **эпистатическим**, а подавляемый — **гипостатическим**. Например, у лошади серая доминирующая масть, связанная с ранним поседением, перекрывает все другие масти. При скрещивании серой лошади генотипа $CCBB$ с рыжей генотипа $ccbb$ в F_1 все потомки будут серыми с генотипом $CcBb$. При скрещивании F_1 между собой в F_2 наблюдается расщепление по фенотипу: 12 серых, 3 вороные и 1 рыжая. Аллель серой масти (C) перекрывает действие других независимых генов окраски. Все лошади, имеющие в генотипе аллель C ,

будут серыми. Если аллель C отсутствует, при наличии в генотипе аллеля B лошадь будет вороной ($ccBB$, $ccBb$), и лошадь с генотипом $ccbb$, двойным рецессивом будет рыжей окраски.

Полимерия. При полимерии, или полимерном (полигенном) наследовании, на один и тот же признак влияют несколько разных, но сходно действующих неаллельных генов. Каждый из них усиливает развитие признака. Такие однозначно действующие гены называются *аддитивными*. Впервые этот тип взаимодействия генов установлен Нильсоном-Эле при изучении наследования окраски чешуи овса и зерен пшеницы.

Рассмотрим пример наследования окраски зерен пшеницы при взаимодействии двух пар полимерных генов. Различают две основные окраски зерен: красную и белую. Полимерные гены, действующие на один и тот же признак, обозначают одинаковой буквой. Разные аллельные пары обозначают цифрами внизу букв. Исходя из этого, генотип пшеницы с темно-красным зерном будет $A_1A_1A_2A_2$ с белым зерном — $a_1a_1a_2a_2$. У первого родителя образуются гаметы A_1A_2 у второго — a_1a_2 . В результате потомки F_1 будут иметь генотип $A_1a_1A_2a_2$ (двойная гетерозигота) и промежуточную окраску зерен — светло-красную, так как имеется два доминантных гена (A_1 и A_2), влияющих на проявление признака. Потомки первого поколения образуют по четыре сорта гамет (A_1A_2 , a_1A_2 , A_1a_2 , a_1a_2) и при спаривании между собой дадут F_2 , в котором расщепление по фенотипу и генотипу будет таким: из 16 частей 1 часть темно-красных ($A_1A_1A_2A_2$), четыре красных ($2A_1A_1A_2a_2$, $2A_1a_1A_2A_2$), 6 светло-красных ($4A_1a_1A_2a_2$, $1A_1A_1a_2a_2$, $1a_1a_1A_2A_2$), 4 бледно-красных ($2A_1a_1a_2a_2$, $2a_1a_1A_2a_2$) и 1 часть белых ($a_1a_1a_2a_2$). В этом легко убедиться, составив решетку Пеннета. Как видим, степень развития окраски зависит от количества доминантных генов, влияющих на формирование этого признака. При отсутствии доминантных генов окраска зерна пшеницы белая.

Полимерный тип взаимодействия генов имеет большое значение для понимания наследования количественных признаков. Эти признаки не обладают фенотипической дискретностью, и их невозможно распределить по четким фенотипическим классам. Их оценивают с помощью количественных методов учета. К количественным относятся признаки, характеризующие продуктивность животных: удой за лактацию, масса животного, настриг шерсти, масса яйца.

Гены-модификаторы. Гены, не проявляющие собственного действия, но усиливающие или ослабляющие эффект действия других генов, называются генами-модификаторами.

Экспрессивность и пенетрантность. Под *экспрессивностью* понимают степень выраженности определенного признака. Внешняя среда и гены-модификаторы могут изменить экспрессию гена, т. е. выражение признака. Изменчивость проявления мутантного гена у разных особей — довольно частое явление. Например, у потомства дрозофилы — мутантных «безглазых» мух с сильно редуцированным количеством фасеток — содержание их варьирует от почти полного отсутствия до половины нормы.

Пенетрантность гена — это доля особей, у которых проявляется

ожидаемый фенотип. При полной пенетрантности (100 %) мутантный ген проявляет свое действие у каждой особи. При неполной пенетрантности (меньше 100 %) ген проявляется фенотипически не у всех особей. Экспрессивность и пенетрантность гена в значительной степени зависят, по-видимому, от влияния генов-модификаторов и условий развития особей.

Влияние в целом генотипа на развитие признака привело к формированию понятий «генотипическая среда» и «генный баланс». Под *генотипической средой* понимают комплекс генов организма, в котором происходит действие изучаемого гена. *Генный баланс* — соотношение и взаимоотношение между собой всех генов, влияющих в той или иной степени на развитие признака.

Литература: 1, стр.45-57; 2, стр.75-88; 3, стр. 40-49; 5, стр.42-51

2.6.1 Вопросы для самопроверки

- 1). Назовите основные типы взаимодействия неаллельных генов.
- 2). Какое расщепление по фенотипу наблюдается при разных типах взаимодействия генов?
- 3). В чем заключается комплементарное взаимодействие неаллельных генов?
- 4). В чем заключается эпистатическое взаимодействие неаллельных генов?
- 5). В чем заключается полимерное взаимодействие неаллельных генов?
- 6). Что означают понятия «гены-модификаторы», «экспрессивность» и «пенетрантность»?

2.7 Хромосомная теория наследственности

Созданию хромосомной теории наследственности предшествовал целый ряд исследований, в которых было установлено, что для каждого вида характерно определенное и постоянное число. Количество же признаков и генов их контролирующих, значительно больше, чем число пар хромосом. Так, у человека, например, известно около 32000 генов, в то время как хромосом всего 23 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.

Подробно вопрос о сцепленном наследовании с соответствующими схемами скрещиваний изложен в «Практикуме по генетике» и в учебном

пособии «Решение задач по генетике».

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).

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

- Гены находятся в хромосомах, располагаются в них линейно на определенном расстоянии друг от друга;
- Гены, расположенные в одной хромосоме, относятся к одной группе сцепления. Число групп сцепления соответствует гаплоидному числу хромосом;
- Признаки, гены которых находятся в одной хромосоме, наследуются сцепленно;
- В потомстве гетерозиготных родителей новые сочетания генов, расположенных в одной паре гомологичных хромосом, могут возникать в результате кроссинговера в процессе мейоза. Частота кроссинговера зависит от расстояния между генами;
- На основании линейного расположения генов в хромосоме и частоты кроссинговера как показателя расстояния между генами, можно построить карты хромосом. За единицу расстояния между генами принята морганида, равная одному проценту (1%) кроссоверных особей

Выясните, для каких видов составлены карты хромосом.

Литература: 1, стр.60-73; 2, стр.90-106; 3, стр.50-60; 5, стр. 51-63

2.7.1 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.

2. 8 Генетика пола

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

Сначала необходимо уяснить хромосомные типы определения пола, характерные для сельскохозяйственных животных

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 и тутового шелкопряда 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.

Совершенно по другому наследуется пол у пчел. Половых хромосом у пчел нет, поэтому пол зависит от числа аутосом. В соматических клетках матки и рабочих пчел содержится 32 хромосомы, т.е 16 пар, а в клетках трутня всего 16 хромосом, т.е. наполовину меньше. В процессе сперматогенеза редукционное деление генеративных клеток выпадает и сперматозоиды образуются в результате митотического деления. Матки откладывают гаплоидные яйца (16 хромосом), которые образуются в результате мейотического деления, и если они оплодотворятся сперматозоидами, которые тоже содержат 16 хромосом, то из такой зиготы разовьется самка (или матка) или рабочая пчела. Это зависит от разного уровня кормления личинок. Если личинка с кормом получает маточное молочко, то из нее развивается матка, а без маточного молочка -стерильные рабочие пчелы. Из неоплодотворенных яйцеклеток развиваются трутни.

Дальнейшими исследованиями было установлено, что у некоторых видов, например, у дрозофилы, проявление того или другого пола зависит не только от наличия определенных половых хромосом, но и от соотношения аутосом. Это так называемая балансовая теория определения пола. Так, нормальные самки и самцы будут в том случае, если половой индекс - соотношение половых хромосом к аутосомам, будет для самок равен 1 (единице), а для самцов 0,5. То есть, на каждые две X хромосомы у самок есть два набора аутосом $2X:2A=1$ в соматических клетках, а у самцов на 1 X- хромосому тоже два аутосомных набора $1Y:2A = 0,5$. Если соотношение половых хромосом и аутосом изменяется из-за увеличения или уменьшения аутосом или половых хромосом, то происходит переопределение пола:

$$2x : 3A = 0,66 \text{ интерсексы}$$

$$3x : 2A = 1,5 \text{ сверхсамки}$$

$$1x : 3A = 0,33 \text{ сверхсамцы}$$

У млекопитающих животных удаление семенников и яичников до наступления половой зрелости приводит к феминизации и маскулинизации, т.е. к появлению признаков женского пола у самцов и мужского пола у самок. Больше того, андрогены (мужские половые гормоны) могут вызывать

маскулинизацию яичников, т.е. появление в них мужских половых клеток, а эстрогены (женские половые гормоны) феминизацию семенников, т.е. появление в них женских половых клеток.

У крупного рогатого скота отмечены случаи появления интерсексуальных телок, рождающихся в паре с бычками. Такие бесплодные телки были названы фримартинами. Бесплодие, в данном случае, объясняется тем, что если кровеносная система бычка и телочки имела анастомозы, то семенники мужского эмбриона раньше начинают выделять андрогены в кровь, которые и подавляют развитие яичников.

Половые хромосомы имеют непосредственное отношение к наследованию пола, в них, так же как и в аутосомах находятся гены, определяющие некоторые признаки. Такие признаки и называются сцепленные с полом; гены, контролируемые 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.

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 редкие нерегулярные типы полового размножения — партеногенез, андрогенез и гиногенез.

Партеногенез - девственное размножение, т.е. развитие животного из неоплодотворенного яйца. Характерно оно для некоторых членистоногих и для медоносных пчел, у которых самцы (трутни) развиваются из неоплодотворенных яиц, а рабочие пчелы и матки из - оплодотворенных,

Гиногенез – (псевдогамия)- развитие зародыша из неоплодотворенной яйцеклетки, но при участии сперматозоида, который проникая в яйцеклетку не сливается с ядром, а только стимулирует ее развитие. Наблюдается гиногенез у гермафродитных круглых червей, серебристого карася.

Андрогенез — развитие потомков за счет ядер сперматозоидов, которые могут сливаться в яйцеклетке потерявшей свое ядро. Если в такую яйцеклетку попадает один сперматозоид, то развивающийся зародыш оказывается нежизнеспособным. При полиспермии, когда в яйцеклетку проникает несколько сперматозоидов, возможно слияние отцовских пронуклеусов и образование диплоидной зиготы и жизнеспособных потомков. Развитие андрогенных особей наблюдается не только у тутового шелкопряда и паразитической осы.

Литература: 1, стр. 73-89; 2, стр.106-134; 3, стр. 60-76; 5, стр. 63-74

2.8.1 Вопросы для самопроверки

- 1). Чем отличаются наборы хромосом самок и самцов у млекопитающих

и птиц?

- 2). Какой пол называется гомогаметным, а какой гетерогаметным?
- 3). Перечислите основные типы хромосомного определения пола.
- 4). Какие признаки называются сцепленными с полом? Каковы особенности их наследования?
- 5). Что такое гемизиготность?
- 6). В чем заключается сущность балансовой теории определения пола?
- 7). Как можно объяснить генетическую природу бисексуальности организмов?
- 8). Какие исследования свидетельствуют о возможности искусственной регуляции пола?

2.9 Молекулярные основы наследственности

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:

специфичность (каждый структурный ген обладает только ему присущим порядком расположения нуклеотидов и детерминирует синтез определенного полипептида);

целостность (при программировании синтеза полипептида ген выступает как неделимая единица) и **дискретностью** (наличие субъединиц);

стабильность (относительная устойчивость) и лабильностью (способность мутировать);

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

другие свойства (способность к плейотропии и полимерии, экспрессивность, пенетрантность).

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.

Одним из наиболее важных вопросов этой темы является вопрос о регуляции работы генов у прокариот и эукариот. Теория регуляции синтеза и-РНК и белка у прокариот разработана Ф. Жакобом и Ж. Моно (1961) на примере лактозного оперона. **Оперон** - это группа структурных генов, управляемая одним геном-оператором. 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. Ген-оператор включает и выключает структурные гены для считывания информации, следовательно, они активны непостоянно. Заканчивается оперон терминатором. Ген- регулятор, находящийся обычно на некотором расстоянии от оперона, постоянно активен, и на основе его информации синтезируется

особый белок-репрессор, который обладает способностью блокировать ген-оператор, вступая с ним в химическое соединение и тогда считывание информации со структурных генов не происходит, т. е. ген – не активен.

Если же в клетку поступает индуктор, то он связывает белок-репрессор (вступая с ним в химическую связь), освобождая ген-оператор. РНК-полимераза разрывает связи между двумя цепочками ДНК-оперона и по принципу комплементарности информация со структурных генов переписывается на и-РНК, которая затем идет в рибосомы, где синтезируются ферменты, разлагающие индуктор. Когда последние молекулы индуктора будут разрушены, освобождается белок-репрессор, который снова блокирует ген-оператор – работа оперона прекращается. Она опять возобновляется при поступлении индуктора.

Регуляция работы генов у эукариот более сложна. Схема регуляции транскрипции у эукариот разработана Г. П. Георгиевым (1972). Принцип регуляции (обратная связь) сохраняется, но механизмы ее более сложны. Единица транскрипции у эукариот называется **транскриптоном**. Работу транскриптона регулирует несколько генов-регуляторов, дающих информацию для синтеза нескольких белков-репрессоров. Индукторами в клетках эукариот являются сложные молекулы (например, гормоны). Когда индукторы освобождают гены-операторы от белков-репрессоров, РНК-полимераза разрывает водородные связи между двумя цепочками ДНК-транскриптона и по правилу комплементарности на нем сначала синтезируется большая молекула проинформационной РНК, списывающая информацию как с информативной, так и с неинформативной зон. В дальнейшем в ядре клетки специальными ферментами вырезаются неинформативные участки (интроны) и происходит **сплайсинг** (сшивание) информативных участков (экзонов). Далее и-РНК выходит из ядра, идет в рибосомы, где и происходит синтез белка-фермента.

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:

ДНК ↔ РНК → белок

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 61 триплетов, кодирующих 20 аминокислот (3 триплета являются неcodирующими, а так называемыми «стоп-кодонами»).

Ознакомившись с генетическим кодом синтеза белка, рассмотрите процесс синтеза полипептидной цепи аминокислот в цитоплазме. В нем участвуют

рибосомы, и-РНК, т-РНК, ферменты. Это последний этап перехода генетической информации от гена к структуре белка, или трансляция.

В целях закрепления этого материала решите несколько задач, имеющих в учебном пособии «Решение задач по генетике».

Литература: 1, стр.99-116; 2, стр.149-172; 3, стр.77-102; 5, стр.81-91

2.9.1 Вопросы для самопроверки

- 1). Что такое ген, кодон, экзон, интрон, промотор, терминатор?
- 2). В чем заключается сущность генетического кода?
- 3). Как осуществляется реализация наследственной информации с гена на белок?
- 4). Каково строение генетического материала у бактерий?
- 5). В чем заключается сущность теории Ф. Жакоба и Ж. Моно о регуляции синтеза и-РНК и белков у прокариот?
- 6). Регуляция активности генов у эукариот.

2.10 Мутационная изменчивость. Индуцированный мутагенез

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). Необходимо четко знать классификацию мутагенов (физические, химические и биологические) и механизм их действия на наследственный аппарат живой клетки.

В данном разделе также необходимо ознакомиться с имеющимися в клетке

системами репарации возникших мутаций (исправление повреждений).

Литература: 1, стр.147-172; 2, стр.273-298; 3, стр.143-165; 5, стр.156-178.

2.10.1 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 и каков основной механизм их действия на наследственный аппарат клетки?
- 10). Что такое репарация и какие Вы знаете системы репарации?

2.11 Генетические основы индивидуального развития.

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).

При освоении данного раздела необходимо понять, что яйцеклетка является уникальной клеткой, химический состав цитоплазмы которой обеспечивает сначала закладку трёх зародышевых слоёв, а затем дифференцировку тканей и органов. Даже такое свойство ядра соматической клетки, как *тотипотентность* (т.е. способность обеспечивать полное развитие организма, что легло в основу такого метода биотехнологии как клонирование), без цитоплазмы яйцеклетки не может осуществиться. Поэтому при клонировании различных видов животных ядра соматических клеток обязательно

пересаживали в яйцеклетку с предварительно удалённым ядром.

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.

Литература: 1, стр.124-137; 2, стр.298-322; 3, стр.110-143; 5, стр.178-196

2.11.1 Вопросы для самопроверки

- 1). Как в онтогенезе осуществляется реализация генотипа?
- 2). Влияют ли материнские гены на развитие зиготы? Приведите примеры.
- 3). Какие вы знаете критические периоды онтогенеза? В чем причина критических периодов?
- 4) Что такое тотипотентность ядра соматической клетки?

2.12 Влияние среды на развитие признака в онтогенезе.

Модификационная изменчивость

Факторы внешней среды могут влиять на характер развития признака, обуславливая так называемую «модификационную» (ненаследственную) изменчивость. С точки зрения молекулярно-генетических концепций наследственности, модификации не затрагивают хромосомную ДНК, однако рассматриваются в курсе генетики потому, что диапазон изменений признаков под действием среды целиком находится под контролем генотипа.

Пределы модификационной изменчивости называются «**нормой реакции**» организма и определяются его наследственностью. Норму реакции генотипа необходимо учитывать как при экспериментах, так и при выведении новых форм хозяйственно-ценных организмов.

Большинство модификационных изменений носит адаптивный характер. Однако в некоторых случаях воздействия факторов среды вызывают появление так называемых фенокопий и морфозов- ненаследуемых фенотипических изменений, представляющих собой категорию уродств и отклонений в развитии, похожих на изменения, вызванные мутациями. Причинами их бывают нарушения процесса онтогенеза в эмбриональный период онтогенеза.

Литература: 1, стр.137-144; 2, стр.317-320; 3, стр. 15-16; 5, стр. 193-195.

2.12.1 Вопросы для самопроверки

- 1). Что такое модификационная изменчивость? Приведите примеры.
- 2) Приведите примеры адаптивных модификаций.
- 3). Что такое «норма реакции» и как можно применить знание нормы реакции в селекции сельскохозяйственных животных?
- 4) Что такое фенокопии? Морфозы?. Как их отличить от мутаций?

2.13 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.

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 генетическую структуру популяции по генотипам. Для правильного пользования формулой необходимо уяснить понятия «частота (соотношение) генотипов» и «концентрация генов».

Для лучшего усвоения этого материала рекомендуется решить несколько задач, имеющих в учебном пособии «Решение задач по генетике».

В следующих разделах темы рассматривается влияние различных факторов, влияющих на генетическую структуру популяции. Таких факторов (их называют факторами микроэволюции, поскольку они изменяют частоты генов в популяции). Таких факторов пять: отбор, миграции, мутации, изоляция (ограничение свободы скрещивания), и изменение численности популяции (генетико-автоматические процессы). Если на популяцию не действует ни один из названных факторов, то она находится в состоянии равновесия и не эволюционирует.

Обратите внимание на различия в действии естественного и искусственного отбора, отбора по доминантным и рецессивным признакам, а также на влияние различной интенсивности отбора.

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.

Литература: 1, стр.231-247; 2, стр.325-337; 3, стр.241-265; 5, стр.196-205.

2.13.1 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). Какова формула Харди-Вайнберга для определения соотношения генотипов в свободно размножающейся популяции?
- 4). Что такое генетическая структура популяции?
- 5). Какое влияние на генетическую структуру популяции оказывает мутационный процесс?
- 6). Как отбор влияет на структуру популяции по генотипам?
- 7). Как влияет ограничение свободы скрещиваний на генетическую структуру популяции?
- 8). Что такое генетико-автоматические процессы и как они влияют на генетическую структуру популяции?

3.1 Вопросы для самостоятельной 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). Строение клетки и роль ее органоидов в передаче наследственной информации.
- 6). Строение и химический состав хромосом. Гаплоидный и диплоидный набор хромосом. Понятие о геноме и кариотипе.
- 7). Митоз и его генетическая сущность.
- 8). Мейоз и его генетическая сущность.
- 9). Что такое кариотип? Охарактеризуйте кариотипы основных видов сельскохозяйственных животных. Что общего в кариотипах разных видов и каковы различия? Что такое геном?
- 10). Гибридологический метод генетического анализа, разработанный Г. Менделем, его основные принципы.
- 11). Законы наследования признаков, установленные Г. Менделем. Проиллюстрируйте на схемах скрещиваний суть этих законов.
- 12). Моногибридное скрещивание и его схема. Реципрокное, возвратное и анализирующее скрещивания, их схемы и значение.
- 13). Дигибридное скрещивание. Составьте схему дигибридного скрещивания и проанализируйте наследование признаков, гены которых локализованы в разных парах хромосом.

14). Основные типы доминирования. Используя конкретные примеры, составьте схемы скрещиваний и охарактеризуйте F_1 и F_2 при разных типах доминирования.

15). Основные типы взаимодействия неаллельных генов. Используя конкретные примеры, составьте схемы скрещиваний и охарактеризуйте F_1 и F_2 при разных типах взаимодействия неаллельных генов.

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

17). Какие признаки называются сцепленными? Составьте схему скрещивания, с помощью которой объясните особенности наследования сцепленных признаков в F_1 и F_2 .

18). Кроссинговер как причина неполного сцепления между признаками. Кроссоверные и некрossoверные гаметы. Составьте схему скрещивания, используя которую объясните нарушение сцепления между признаками при кроссинговере.

19). Изложите сущность хромосомной теории наследственности Т. Моргана.

20). Карты хромосом и принципы их составления.

21). 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.

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

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

24). Бисексуальность организмов. Гинандроморфизм, гермафродитизм и фримартинизм.

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

26). Партогенез, гиногенез и андрогенез. Их сущность, распространение и практическое использование.

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

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

29). Структура, основные типы РНК, их роль в синтезе белков. Передача наследственной информации в системе ДНК→РНК→белок. Обратная транскрипция.

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

31). Синтез белка как процесс реализации наследственной информации организма. Понятие о матричном синтезе.

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

33). Влияние материнских генов на развитие зиготы. Действие генов на ранних стадиях онтогенеза.

34). Теория Ф. Жакоба и Ж. Моно о регуляции синтеза и-РНК и белков.

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

36). Модификационная изменчивость. Адаптивные модификации. Понятие о норме реакции. Фенокопии и морфозы.

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

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

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

40). Спонтанный и индуцированный мутагенез. Мутагенные факторы, их классификация и механизм действия на наследственный аппарат клетки.

41). Системы репарации клетки.

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

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

44). Понятие о биометрии. Основные понятия биометрии. Показатели, характеризующие уровень развития и разнообразия признака в выборке.

45). Понятие о корреляции. Коэффициенты корреляции и их использование в селекционной работе.

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 генетической структуры панмиктической популяции.

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

50). Факторы, нарушающие генетическую структуру популяции.

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 иммуитета.

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

60). Понятие о генетической инженерии. Достижения генетической инженерии. Цели использования генной инженерии в селекции сельскохозяйственных животных.

61). Клонирование животных.

3.2 Задачи для самостоятельной работы

1). 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.

1). 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.

1). 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-

1). 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.

1). 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.

6). 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.

7). 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.

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

9). У крупного рогатого скота шортгорнской породы красная масть (ген «K») доминирует над белой (ген «k»). Гетерозиготные животные (Aa) 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?

10). При скрещивании между собой хохлатых уток (хохолок на голове) утята выводятся только из $\frac{1}{4}$ яиц, а $\frac{1}{4}$ эмбрионов гибнет перед вылуплением. Среди вылупившихся утят около $\frac{2}{3}$ имеют хохолок, а $\frac{1}{3}$ без хохолка. Как наследуется признак наличия хохолка у уток? Составьте схему скрещивания.

11). У норек 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?

12). 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?

13). Признак укороченных ног у кур (ген «С») доминирует над линноногостью (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?

14). У каракульских 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 F₂ при скрещивании серых овец F₁ 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?

15). У крупного рогатого скота ген «Д» (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?

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

17). У крупного рогатого скота комолость (ген «К») доминирует над рогатостью (ген «к»), а красная масть (ген «А») — над белой (ген «а»). У шортгорнов гетерозиготные (Аа) животные имеют чалую масть. Какие соотношения генотипов и фенотипов получается при следующих спариваниях: ааКк х АаКк, АаКК х АаКк, ААКк х аакк? Каковы фенотипы родительских особей?

18). У кур оперенные ноги (ген «О») доминируют над голыми (ген «о»), а гороховидный гребень (ген «Р») — над простым (ген «р»). 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.

19). 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?

20). 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?

21). 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?

22). 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)?

23). 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).

24). 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.

25). 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?

26). У кур гороховидный гребень контролируется геном «Р», роговидный — геном «R», а простой (листовидный) — их рецессивными аллелями «р» и «г». Какие гребни будет иметь потомство, полученное от следующего сочетания родительских пар: $RrPp \times RrPp$, $RrPp \times Rrrp$, $RRPp \times rrPp$ Выясните это, используя решетку Пеннета. С каким типом взаимодействия генов мы имеем здесь дело?

27). У лошадей ген «С», контролирующий серую масть, эпистатичен по отношению к гену вороной масти («В»). 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)?

28). У лошадей серая масть (ген «С») доминирует над рыжей (ген «с»), вороная (ген «В») — над рыжей (ген «в»). Ген «С» эпистатичен по отношению к гену «В». 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.

29). При скрещивании кур, имеющих гребень 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.

30). У кур розовидная форма гребня контролируется геном «R», гороховидная — геном «P», листовидная — их рецессивными аллелями «r» и «p». 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.

31). 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.

32). 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.

33). 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.

34). Скрещиваются между собой алеутские (aaPP) и серебристо-голубые норки (AApp). В каком количестве в F₂ будет получено сапфировых, то есть голубых (aarp), алеутских (aaP...), серебристо-голубых (A ... pp) и стандартных

(А ... Р...) норок? Составьте схему скрещивания и определите соотношение фенотипов и генотипов в F₂.

35). Скрещиваются между собой норки рояль-пастель, то есть светло-коричневые (QqBb) и зеленоглазая пастель (qqBB), то есть светло-коричневая с песочным оттенком. Сколько будет получено в F₂ потомков: Q... В ... (стандартных), qqB... (зеленоглазая пастель), Q...bb (рояль-пастель) qqbb (зелено-пастель или американский топаз), имеющих светло-коричневую окраску, которых можно разводить «в себе» без расщепления?

36). 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 в F₁ рождаются черные потомки. В каком соотношении в F₂ появятся черные, голубые и кофейные разных оттенков?

37). У кур позднее оперение (ген «S») сцеплено с полом и доминирует над ранним оперением (ген «s»). 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.

38). У кошек гены, определяющие окраску шерсти, сцеплены с полом. Рыжая окраска (ген «X_B»), доминирует над черной (ген «X_b»), а у гетерозигот (X_BX_b) формируется пестрая («черепаховая») окраска. Каким будет потомство, полученное от спаривания черного кота с пестрой кошкой? Чёрного кота с рыжей кошкой?

39). У кур гены, контролирующие окраску оперения, локализованы в X-хромосоме. У кур породы плимутрок серая окраска оперения (ген «X_B») доминирует над черной (ген «X^b»). Определите:

А. Фенотип F₁ (отдельно для петушков и курочек), если серая курица спарена с черным петухом.

Б. Расщепление по окраске оперения в F₁ у курочек и петушков, если серый петух, у матери которого было черное оперение, спарен с черной курицей.

40). У однодневных цыплят породы плимутрок ген серой окраски оперения «X_B» 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:

А. Куры серые спарены с черным петухом.

Б. Куры черные спарены с серым петухом.

41). У кошек гены, определяющие окраску шерсти, сцеплены с полом. Ген «X_B» контролирует рыжую окраску, ген «X_b» — 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?

42). Цепочка аминокислот участка рибонуклеазы имеет следующее строение: лазин—глутамин—треонин—алаин—аланин—лизин. Какова последовательность азотистых оснований участка гена, соответствующего этому участку белка?

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

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

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

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

Раздел 4. Методические указания к выполнению самостоятельной работы по биометрии

1. Один из главных параметров совокупности - это ее объем (численность) – т.е. количество объектов, входящих в изучаемую совокупность. Характеризуется числом наблюдений (N или n).

2. Второе свойство совокупности – это общий уровень развития исследуемого признака у составляющих ее объектов. Параметром, характеризующим это свойство, является средняя арифметическая величина (M), которая вычисляется путем деления суммы всех значений признака на объем совокупности по формуле: $M = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_N}{N} = \frac{\sum V}{N}$, где: M- средняя арифметическая величина

V- вариант, или дата (измеренное значение признака);

N- объем совокупности

Например, определим среднюю арифметическую величину признака «живая масса» поросят (n=10, см. табл. 3). Для этого суммируем все варианты и разделим полученную сумму на общее количество животных в выборке:

$$M = \frac{1,2 + 1,5 + 1,1 + 1,3 + 1,4 + 1,3 + 1,4 + 1,4 + 1,3 + 1,6}{10} = \frac{13,5}{10} = 1,35 \text{ кг}$$

3. Оценка степени разнообразия животных в изучаемых группах – важнейший элемент селекционной работы. Показателями разнообразия признака в совокупности служат: *лимиты (lim)*, *среднее квадратическое отклонение (σ)* и *коэффициент вариации (C_v)*.

Лимиты характеризуют минимальное и максимальное значение изучаемого признака в выборочной совокупности и указывают на амплитуду вариации.

Однако эти показатели недостаточны, так как животные с такими показателями могут быть нехарактерны для данного стада. Кроме того, лимиты не отражают индивидуальных различий внутри выборки. Например, при одинаковой средней величине животных двух групп по живой массе $M_1=526$ кг, $M_2=526$ кг лимиты составляли в первой группе 450 - 550, во второй – 420 - 600. Размах колебаний в первой группе был 100 кг, во второй - 180 кг. Таким образом, при одной и той же средней величине группы неоднородны.

. Наилучшим показателем разнообразия признака является *среднее квадратическое отклонение σ* , которое учитывает отклонение каждой варианты от средней арифметической.

При небольшом числе вариантов ($n < 30$) среднее квадратическое отклонение вычисляется по формуле:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (V - M)^2}{n - 1}}$$

Таблица 3 Вычисление среднего квадратического отклонения в малой выборке

№п/п	Живая масса поросят, кг (V)	Отклонения (V-M)	Квадраты отклонений (V-M) ²
1	1,2	-0,15	0,0225
2	1,5	+0,15	0,0225
3	1,1	-0,25	0,0625
4	1,3	-0,05	0,0025
5	1,4	+0,05	0,0025
6	1,3	-0,05	0,0025
7	1,4	+0,05	0,0025
8	1,4	+0,05	0,0025
9	1,3	-0,05	0,0025
10	1,6	+0,25	0,0625
N=10	$\sum V=13,5$; $M=1,35$	$\sum (V-M)=0$	$\sum (V-M)^2=0,1850$

Например, вычислим среднее квадратическое отклонение по данным о живой массе при рождении 10 поросят из помета одной свиноматки. Для этого строим расчетную таблицу, состоящую из трех колонок. Первая колонка – номер по порядку, вторая – абсолютное значение каждого варианта и третья – квадрат каждого варианта. Количество строчек соответствует количеству вариантов в выборке плюс суммарная строка (табл. 3).

В первую графу вписывают варианты (живая масса поросят при рождении). Суммировав их и разделив на число вариантов, получают среднюю массу поросенка (M).

Затем вычитают M из каждой варианты и разности (отклонения от средней) и вписывают во вторую графу. Для проверки правильности вычислений суммируют все разности $(V-M)$, их сумма должна быть равна нулю.

Далее каждое отклонение возводят в квадрат и вписывают квадраты отклонений $(V-M)^2$ в третью графу. Квадраты отклонений всегда положительны. Суммируя все числа третьей графы, получают сумму квадратов отклонений $\sum(V-M)^2$, которую вписывают в итог третьей графы. Среднее

квадратическое отклонение вычисляют по формуле $\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum(V-M)^2}{n-1}}$

В нашем примере $\sigma = \pm \sqrt{\frac{0,185}{9}} = \pm 0,14 \text{ кг}$

Выражение в знаменателе $n-1$ называется числом степеней свободы (ν - греч. буква «ню»), которое указывает на то, что один из объектов изучаемой совокупности представлен средней арифметической величиной. Полученная величина $\sigma = \pm 0,14 \text{ кг}$ указывает, что в среднем отклонения вариантов данного признака от средней арифметической составляют $0,14 \text{ кг}$. Сигма является величиной именованной, т.е. измеряется в единицах измерения признака. При изучении суточных удоев она выражается в килограммах, при изучении жирности молока - в процентах, при изучении промеров - в сантиметрах и является показателем признака для группы с определенной средней арифметической величиной.

Вычисление коэффициента вариации (C_v).

При изучении разнообразия признаков, выраженных в различных единицах измерения (см, кг, % и др.), и при больших различиях средних арифметических величин сравниваемых групп сигма не может быть использована. В таких случаях используют другой показатель - коэффициент вариации (C_v), вычисляемый по формуле: $C_v = \frac{\sigma}{M} \times 100\%$.

В нашем примере $C_v = \frac{0,14}{1,35} \times 100\% = 10,4\%$

Техника расчета коэффициента корреляции в малых выборках

Для малой выборки коэффициент корреляции вычисляют по формуле: r

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \times \sum y}{n}}{\sqrt{C_x C_y}}, \text{ где}$$

n - число животных, изучаемых по двум признакам;

x и y – значения вариантов первого и второго признака;

C - сумма квадратов центральных отклонений, вычисляемая отдельно по формулам соответственно для признака v_1 и v_2 :

$$C_x = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N} \quad \text{и} \quad C_y = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{N}$$

Например, нужно установить направление и силу связи между возрастом

и многоплодием свиноматок. N= 10 гол.; x - варианты 1-го признака - возраст свиноматок, y - варианты 2-го признака - многоплодие (число живых поросят, родившихся за один опорос).

Составим расчетную таблицу из 6 колонок и соответствующего числа строк, в которую выпишем исходные данные по каждому отдельному животному, и определим все входящие в формулу произведения и суммы:

Таблица 4. Расчет коэффициента корреляции

№ животного	Возраст, x	Много-плодие, y	x^2	y^2	xy
1	2	9	4	81	(2x9)=18
2	1	7	1	49	(1x7)=7
3	5	11	25	121	55
4	7	10	49	100	70
5	3	11	9	121	33
6	2	8	4	64	16
7	6	11	36	121	66
8	1	6	1	36	6
9	4	12	16	144	48
10	3	14	9	196	42
N=10	$\Sigma x=34$	$\Sigma y=99$	$\Sigma x^2=154$	$\Sigma y^2=1033$	$\Sigma xy=361$

Эти данные позволяют вычислить все необходимые величины:

$$C_x = 154 - \frac{34^2}{10} = 154 - \frac{1156}{10} = 154 - 115,6 = 38,4;$$

$$C_y = 1033 - \frac{(99)^2}{10} = 1033 - \frac{9801}{10} = 1033 - 980,1 = 52,9$$

Подставив все найденные значения в формулу, определяем знак и величину коэффициента корреляции:

$$r = \frac{361 - \frac{(34) \times (99)}{10}}{\sqrt{38,4 \times 52,9}} = +0,54$$

Вывод: между изучаемыми признаками установлена положительная по направлению и средняя по силе корреляционная связь. Это означает, что у более молодых животных рождается меньше поросят, а по мере увеличения возраста свиноматок (до определенного уровня) количество поросят у них увеличивается.

Вычисление коэффициентов регрессии

При линейном, или близком к линейному, типе связи, кроме корреляционного, пользуются регрессионным анализом. Для вычисления коэффициента регрессии, с помощью которого устанавливают величину изменения сопряжённого признака при изменении другого признака на одну единицу измерения.

Для малых выборок удобны следующие формулы, если значения x и y выражаются малозначными числами:

$$R_{x/y} = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}} \quad \text{и} \quad R_{y/x} = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

Первый из этих коэффициентов ($R_{x/y}$) показывает, на какую величину изменяется признак «х» при изменении признака «у» на одну единицу измерения.

Второй коэффициент ($R_{y/x}$) показывает, на какую величину изменяется признак «у» при изменении признака «х» на одну единицу измерения.

Рассчитаем коэффициенты регрессии по нашему примеру:

$R_{x/y} = \frac{24,4}{52,9} = 0,46 \text{ лет}/1 \text{ поросёнка}$. Это означает, что при увеличении количества поросят на 1 голову, возраст свиноматки увеличится на 0,46 лет.

$R_{y/x} = \frac{24,4}{38,4} = 0,64 \text{ поросят}/1 \text{ год}$. Это означает, что при увеличении возраста свиноматки, количество поросят у неё увеличится на 0,64 штуки.

В практической работе из двух коэффициентов регрессии рассчитывают один, имеющий большее практическое значение.