

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОС-  
СИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Смоленская государственная сельскохозяйственная академия»  
ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА**

**ГЕНЕТИКА ЖИВОТНЫХ**

Методические рекомендации по изучению дисциплины и для подготовки  
к промежуточной аттестации

**Смоленск  
ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА  
2021**

**УДК 575.1:581.162 (072)**  
**К 93**

Рецензент: Кашко Л. С., доцент кафедры биотехнологии и ветеринарной медицины ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА, кандидат ветеринарных наук, доцент

**Курская Ю. А.**

**К 93** Генетика животных: методические рекомендации по изучению дисциплины и для подготовки к промежуточной аттестации /Ю. А. Курская, – Смоленск: ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА, 2021. – 43 с.

Печатается по решению методического совета ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА, протокол № \_\_ от \_\_.\_\_\_\_\_. 2021 года.

УДК 575.1:581.162 (072) 40.716 Р

© Курская Ю. А. 2021  
© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Смоленская государственная сельскохозяйственная академия, 2021 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Генетика – это фундаментальная биологическая дисциплина, которая изучает два свойства живых организмов – наследственность и изменчивость. Значение генетики в системе высшего зооинженерного образования состоит в том, что она является научной основой для изучения вопросов племенного дела сельскохозяйственных животных, селекции и семеноводства растений. Генетические исследования обогатили теоретические области биологии, ветеринарии и медицины.

Современная генетика находит применение во всех областях человеческой деятельности, связанной с живыми организмами. Поэтому необходимо хорошо усвоить главнейшие понятия, закономерности и законы применительно к вопросам прикладной генетики, овладеть основными методами генетического анализа, научиться самостоятельно определять характер наследования хозяйственно полезных признаков и свойств у животных для решения актуальных задач по созданию высокопродуктивных резистентных к заболеваниям стад, новых пород и гибридов.

В результате изучения генетики студент должен **знать:**

- цитологические основы наследственности;
- гаметогенез у животных;
- молекулярные основы наследственности;
- закономерности наследования признаков при половом размножении;
- хромосомный механизм определения пола;
- отклонения от полового развития: партеногенез, гиногенез, андрогенез и их значение для практического использования; перспективы управления полом сельскохозяйственных животных; роль генотипа и условий внешней среды в формировании фенотипа;
- типы изменчивости: мутационная, комбинативная, модификационная, их значение в селекции животных; роль кроссинговера в рекомбинации генов в эволюции и селекции животных; генетические основы индивидуального развития; генетический гомеостаз и полиморфизм популяции; практическое использование закона Харди – Вайнберга; генетическую сущность инбридинга и гетерозиса; пути закрепления гетерозиса; роль иммуногенетики и полиморфизма белков и ферментов в селекции животных; характер наследования аномалий и болезней у животных; показатели наследуемости основных хозяйственно-полезных признаков животных и их практическое значение для селекционной работы при прогнозировании эффективности отбора.

**уметь:**

- использовать методы гибридологического анализа;

- использовать закон Харди – Вайнберга для расчета генетической структуры популяции;
- рассчитывать коэффициент нарастания гомозиготности;
- определять и прогнозировать проявление эффекта гетерозиса в потомстве;
- устанавливать характер наследования аномалий и болезней у животных;
- использовать группы крови для установления происхождения животных.

## 1. ЦИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Клетка – структурная и функциональная единица живого. Особенности строения клеток – прокариот и эукариот. Строение и функции ядра и органоидов цитоплазмы, их роль в сохранении и реализации наследственной информации. Кариотипы основных видов сельскохозяйственных животных.

Передача наследственной информации при бесполом и половом размножениях. Деление клетки и его значение. Митотический цикл клетки. Фазы митоза. Биологическая роль митоза. Половые клетки. Мейоз, его фазы. Гаметогенез у животных. Оплодотворение. Половой процесс как средство реализации комбинативной изменчивости и обеспечения жизнеспособности организма. Отклонения от процесса полового размножения: партеногенез и андрогенез, их значение для понимания наследственности и перспективы практического использования.

Изучение вопросов этой темы особенно важно для правильного понимания материальной основы и механизма наследственности.

Так как основной формой существования жизни является клетка, в которой заключена вся генетическая информация, определяющая развитие организма, то необходимо изучить ее строение и выяснить роль органоидов в передаче наследственности. При этом особое внимание следует уделить хромосомам как основным носителям наследственной информации.

Необходимо четко уяснить понятие о кариотипе, который у разных видов живых существ отличается друг от друга по количеству и форме хромосом, находящихся в ядрах соматических клеток. Следует запомнить кариотипы основных видов сельскохозяйственных животных.

Постоянство числа хромосом в соматических клетках обеспечивается в процессе деления. Различают три способа деления клеток.

Амитоз – прямое деление, при котором ядерный материал распределяется неравномерно между дочерними клетками.

Митоз – не прямое деление, обеспечивающее строгое равномерное распределение хромосом между двумя дочерними клетками, в результате чего все соматические клетки имеют совершенно одинаковые наборы хромосом.

Мейоз – лежит в основе образования половых клеток (яйцеклеток и сперматозоидов), а также при образовании спор у растений.

При изучении этого материала особое внимание следует обратить на сходство и различия в процессе деления соматических и половых клеток. Если бы половые клетки ничем не отличались от соматиче-

ских, то в результате оплодотворения новый организм имел бы удвоенное (в сравнении с родителями) число хромосом. Однако этого не происходит, так как в процессе мейоза в каждую половую клетку (гамету) попадает уменьшенный вдвое (гаплоидный) набор хромосом, а в зиготе (оплодотворенной яйцеклетке) вновь восстанавливается диплоидное их число, чем и обеспечивается постоянство кариотипа.

В связи с этим особое внимание следует обратить на различие мейоза и митоза, на их генетическую роль в реализации наследственной информации при бесполом и половом размножении организмов.

### **Вопросы для самопроверки**

1. В чем различие прокариотических и эукариотических клеток?
2. Назовите основные структурные компоненты клетки. Каковы их функции и роль в осуществлении наследственности?
3. Что означают термины: хромосома, гамета, центромера, зигота, хроматида, интерфаза, профаза, метафаза, анафаза, телофаза ?
4. Какие типы деления клеток вам известны? Их значение в реализации наследственной информации.
5. В чем отличие мейоза от митоза?
6. Что такое кроссинговер? Его роль в усилении комбинативной изменчивости.
7. В чем основное различие между сперматогенезом и оогенезом ?
8. В чем преимущества полового размножения над бесполом?
9. В чем особенности партеногенеза?

## **2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ПРИ ПОЛОВОМ РАЗМНОЖЕНИИ**

Г. Мендель – основоположник генетики. Сущность метода гибридологического анализа, разработанного Менделем. Метод математического моделирования. Моно-, ди- и полигибридное скрещивание. Фенотип и генотип. Доминатные и рецессивные признаки. Гомозиготность и гетерозиготность. Аллельные гены.

Закономерности наследования признаков, установленные Менделем. Единообразие первого поколения. Закон расщепления признаков. Статистический характер расщепления. Цитологические основы единообразия признаков в первом поколении и их расщепление во втором поколении. Влияние на расщепление по фенотипу характера доминирования (полное, неполное, сверхдоминирование, кодоминирование).

Правило чистоты гамет. Сущность и проявление закона независимого наследования при дигибридном скрещивании. Цитологические основы закона независимого наследования. Анализирующее скрещивание и его использование в селекции и практике сельского хозяйства. Значение работ Менделя для дальнейшего развития генетики и научно обоснованной теории селекции.

Наследование признаков при взаимодействии неаллельных генов. Типы взаимодействия: комплементарность, эпистаз, полимерия. Гены-модификаторы и гены-супрессоры. Плейотропия. Экспрессивность, пенетрантность. Генотип как система аллельных и неаллельных взаимодействий генов.

Генетическая природа комбинативной изменчивости, ее значение в эволюции и селекции организмов.

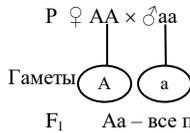
Изучение данной темы позволит выяснить сущность гибридологического анализа, разработанного Г. Менделем. Необходимо иметь четкое представление о генотипе и фенотипе, аллелях и сериях аллелей, гомозиготности и гетерозиготности, доминантности и рецессивности признаков.

Нужно уметь составлять и анализировать схемы скрещиваний, установленные Менделем (единообразие первого поколения, расщепление во втором поколении, чистоты гамет и независимого комбинирования генов), без которых невозможно понять законы наследования признаков.

Изучение результатов скрещиваний и закономерностей наследования альтернативных признаков проводится с помощью разработанного Менделем гибридологического анализа. При этом гены, контролирующие конкретные признаки, обозначаются буквенными символами: доминантные – заглавными буквами (А, В, С, ...), а рецессивные – малыми (а, в, с, ...).

В качестве примера можно взять моногибридное скрещивание (родительские формы различаются по одной паре контрастных признаков). Например, у крупного рогатого скота комолость доминирует над рогатой. При условии гомозиготности родительских форм генотип комолого животного запишем АА, а рогатого животного – аа. В силу гомозиготности родительские особи могут образовывать только по одному виду гамет: комолые животные производят гаметы только типа А, а рогатые – типа а. Ввиду отсутствия ассортимента гамет в процессе оплодотворения может образоваться только один вид зиготы – Аа.

Схема записи скрещивания:



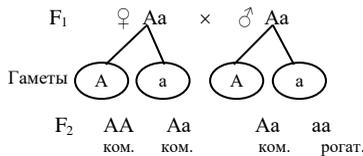
Здесь P – родительские особи, ♀ – мать, ♂ – отец, × – скрещивание; F<sub>1</sub> – особи первого поколения являются комолыми.

Все потомки первого поколения, как и материнская форма (AA), но по совокупности генов они отличаются, так как генотип у них гетерозиготный – Aa. Следовательно, в F<sub>1</sub> проявился первый закон Менделя – единообразия первого гибридного поколения, который читается так: при скрещивании гомозиготных особей, отличающихся по одной паре контрастных признаков, все потомство F<sub>1</sub> единообразно как по фенотипу, так и по генотипу.

В основе закона единообразия F<sub>1</sub> лежит факт отсутствия разнообразия гамет у гомозиготных родителей.

Второй закон Менделя, или правило расщепления гибридов, формулируется таким образом: при скрещивании гетерозиготных особей, отличающихся одной парой альтернативных признаков, в потомстве происходит расщепление по фенотипу в отношении 3:1, а по генотипу – в отношении 1:2:1.

Схема скрещивания будет иметь следующий вид:



Для записи скрещивания и анализа F<sub>2</sub> можно воспользоваться решеткой Пеннета. В нее расписываются гаметы, производимые родительскими особями, а на пересечении – вероятные типы потомков (комбинации гамет):

|       |            |              |
|-------|------------|--------------|
| ♀ \ ♂ | A          | a            |
| A     | AA<br>ком. | Aa<br>ком.   |
| a     | Aa<br>ком. | aa<br>рогат. |

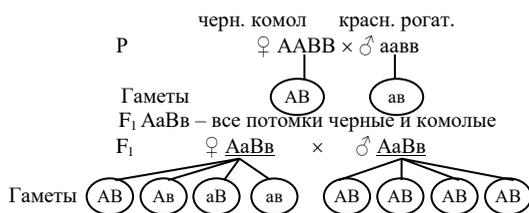
Закономерности наследования признаков полностью согласуются с поведением хромосом в мейозе и при оплодотворении. Поэтому необ-

ходимо уяснить цитологические основы закона Менделя. В основе закона расщепления лежит несмешивание аллелей у гибридных организмов. Это явление известно под названием гипотезы «чистоты» гамет, в основе которой лежит аллельность генов и независимое расхождение хромосом в мейозе.

Законы Менделя носят статистический характер, так как базируются на вероятностных процессах гаметогенеза и оплодотворения.

Не ограничиваясь изучением моногибридного скрещивания, Мендель проводит дигибридное скрещивание, где принимались во внимание два альтернативных признака, определяемые двумя парами генов ААВВ у одного родителя и аавв – у другого. Первое поколение, отвечая первому закону Менделя, оказалось единообразным. Во втором поколении каждый признак наследовался независимо друг от друга в отношении 3:1, т.е. 9:3:3:1.

Составим схему скрещивания:



Поскольку гибрид F<sub>1</sub> гетерозиготен по двум парам аллелей, т. е. является дигетерозиготой, то он образует четыре типа гамет, так как разные гены находятся в негомологичных хромосомах, которые в мейозе при образовании расходятся независимо друг от друга.

Характер расщепления в F<sub>2</sub> удобно определить, по решетке Пеннета:

|       |      |      |      |      |
|-------|------|------|------|------|
| ♀ \ ♂ | АВ   | Ав   | аВ   | ав   |
| АВ    | ААВВ | ААВв | АаВВ | АаВв |
| Ав    | ААВв | ААвв | АаВв | Аавв |
| аВ    | АаВВ | АаВв | ааВВ | ааВв |
| ав    | АаВв | Аавв | ааВв | аавв |

При анализе наследования признаков (расщепление по фенотипу) удобно пользоваться так называемым фенотипическим радикалом, т. е. той частью генотипа данного организма, которая определяет изучаемые признаки. Например, черная масть будет как у животных АА, так и Аа, а комолость – как у животных ВВ, так и Вв. Следовательно, чер-

ных комолых мы можем записать как  $A\_B\_$ . При изучении наследования у животных, имеющих черную масть и рогатых, радикал будет  $A\_vv$ , так как рогатость могут определить только два рецессивных гена. Таким образом, расщепление по фенотипу будет следующим:

9 –  $A\_B\_$  – черные комолые  
3 –  $A\_vv$  – черные рогатые  
3 –  $aaB\_$  – красные комолые  
1 –  $aavv$  – красные рогатые

Если провести подсчет расщепления в  $P_2$  по каждому отдельному признаку, то результат будет соответствовать моногибридному скрещиванию, т. е. 3:1 по каждой паре признаков (12 черных: 4 красных и 12 комолых: 4 рогатых). Это и есть третий закон Менделя – закон независимого комбинирования генов.

Результаты дигибридного скрещивания зависят от того, лежат ли гены, определяющие рассматриваемые признаки, в разных парах хромосом или в одной хромосоме.

Если гены находятся в разных парах хромосом, то признаки наследуются независимо друг от друга, а если эти гены находятся в одной паре хромосом, то проявится сцепленное их наследование (закон Морганна).

Доминирование и рецессивность – типичные примеры взаимодействия аллельных генов. Однако в процессе индивидуального развития организма и неаллельные гены вступают в сложные взаимодействия между собой.

Взаимодействие неаллельных генов описано у многих растений и животных. Оно приводит к появлению необычных соотношений потомков во втором поколении при дигибридном скрещивании: 9:7, 9:3:4, 13:3, 12:3:1, 15:1 и др. Но это вовсе не означает, что классическое менделевское соотношение 9:3:3:1 неверно, напротив, генетический анализ полностью подтверждает его справедливость. Принято различать следующие классические взаимодействия неаллельных генов: комплементарность, эпистаз, полимерию.

**К комплементарным** относятся такие неаллельные гены (А и В), которые при совместном проявлении обуславливают развитие нового признака, не характерного для родительских форм.

Например, у кур и петухов встречаются различные формы гребней: простой (листовидный), гороховидный, розовидный, ореховидный и др. Причем, при скрещивании кур и петухов с розовидным и гороховидным гребнем в  $F_1$  появляются цыплята с новой формой гребня –

ореховидной. А при разведении в себе  $F_1$  в потомстве обнаруживаются все четыре типа гребня: 9/16 – ореховидные; 3/16 – розовидные; 3/16 – гороховидные и 1/16 – с простой формой гребня. Как видим, здесь получено расщепление 9:3:3:1, но с образованием двух новых типов формы гребня.

При комплементарном взаимодействии генов расщепление может происходить и в соотношении 9:3:4, 9:7 и др.

**Эпистазом** называется такое взаимодействие между неаллельными генами, при котором один ген подавляет действие другого ( $A > B$  или  $B > A$ ,  $a > B$  или  $b > A$ ). Ген, подавляющий развитие другого, называется эпистатичным (супрессором или ингибитором), подавляемый – гипостатичным. Различают эпистаз доминантный и рецессивный. Например, наследование окраски у свиней демонстрирует доминантный эпистаз. Так, при скрещивании черных и белых свиней из разных пород в первом поколении все потомки белые, а во втором поколении появляются белые, черные и красные поросята в соотношении 12:3:1. Следовательно, все белые поросята в своем генотипе имеют минимум один доминантный ген  $I$  – супрессор ( $9A\_1\_$  – белые +  $3aa1\_$  – белые). Черные поросята гомозиготны по рецессивному аллелю  $i$ , который на проявление окраски не влияет, и несут доминантный аллель  $A$ , детерминирующий образование черного пигмента ( $A\_ii$ ). Красные поросята лишены доминантного гена супрессора и доминантного гена черной масти ( $aa\ ii$ ).

**Полимерное** взаимодействие генов представляет собой случаи, когда на развитие одного и того же признака оказывают влияние 2 – 3 – 4 и более неаллельных генов. При полимерном наследовании генов имеет место накопления действия генов, усиливающих развитие признака. Такое действие генов называется аддитивным, кумулятивным. В этом случае расщепление в  $F_2$  при дигибридной полимерии будет идти в соотношении 1:4 :6:4:1. По такому типу в основном идет наследование количественных признаков. Большинство качественных (альтернативных) признаков наследуется по типу неаддитивной (некумулятивной) полимерии, и тогда расщепление в  $F_2$  идет в соотношении 15:1.

Способность и степень проявления (пенетрантность и экспрессивность) генов зависит не только от условий среды и различных взаимодействий, но и от так называемых генов модификаторов, которые сами не дают фенотипического эффекта, а модифицируют проявление других генов.

Следует отметить, что все типы взаимодействия генов представляют собой бесконечный биологический резерв для наследственной из-

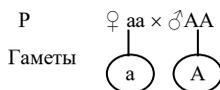
менчивости, который изучить без генетического анализа практически невозможно.

**Задача 1.** У крупного рогатого скота комолость доминирует над рогатостью. А. Какое потомство можно ожидать от скрещивания рогатой коровы с чистопородным комолым быком? Б. Каким будет потомство, полученное от скрещивания помесей  $F_1$  между собой?

Записать условие задачи можно по следующей схеме:

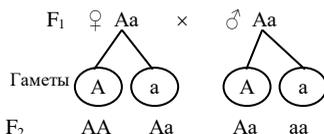
| Ген           | Генотип | Фенотип |
|---------------|---------|---------|
| A – комолость | AA, Aa  | Комолые |
| a – рогатость | aa      | Рогатые |

По условию задачи родительские формы гомозиготны (чистопородны), следовательно, запись этого скрещивания имеет такой вид:



$F_1$  Aa – все телята только комолые, так как проявляется закон единообразия первого поколения.

Б. Чтобы получить потомство второго поколения, нужно  $F_1$  скрестить между собой:

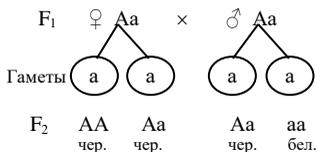


В данном случае среди потомства наблюдается расщепление по фенотипу (комолые – рогатые) 3:1, а по генотипу – 1:2:1, т.е. 1 часть будет гомозиготных комолых, 2 части гетерозиготных комолых и 1 часть гомозиготных рогатых.

**Задача 2.** При скрещивании двух морских свинок с черной шерстью получено 10 черных и 3 белых потомка. Каковы генотипы родителей?

Обе свинки имеют черную шерсть, но в потомстве получены особи и с белой шерстью. Значит, доминирует ген черной масти, и у каждого родителя имеется хотя бы по одному доминантному гену. Следовательно, ген белой масти является рецессивным и находится в скрытом (подавленном) у них состоянии.

Таким образом, скрещивались гетерозиготные животные.  
Записываем схему скрещивания:



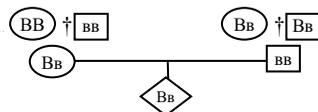
По условию задачи получено 10 черных и 3 белых потомка, что близко к расщеплению 3:1.

**Задача 3.** Голубоглазый мужчина, родители которого имели карие глаза, женился на кареглазой женщине, у отца которой были голубые глаза, а у матери – карие глаза. От этого брака родился кареглазый ребенок. Каковы генотипы всех упомянутых лиц?

Поскольку родители голубоглазого мужчины (vv) имели карие глаза (V), то они были гетерозиготными по гену цвета глаз (Vv). Женщина имела карие (V –), ее отец – голубые (vv), а мать – карие (V) глаза. Следовательно, данная женщина гетерозиготна (Vv), а вот восстановить генотип ее матери по условию задачи невозможно.

При решении подобных задач необходимо использовать генеалогический метод (составление родословной). В таких родословных женщина обозначается кружком, мужчина – квадратиком, потомок, пол которого не указан, – ромбиком.

Родословная данной семьи имеет следующий вид:



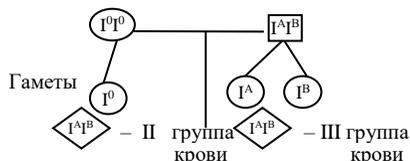
**Задача 4.** У человека система ABO групп крови обусловлена аллелями гена I. Аллель  $I^0$  детерминирует I группу крови, аллели  $I^A$  – II,  $I^B$  – III. Аллели  $I^A$  и  $I^B$  доминируют над аллелью  $I^0$ , а между собой кодоминантны и их сочетание в генотипе обуславливает IV группу крови (AB).

У супругов с I и IV группами крови двое детей: родной и приемный. У одного из детей I группа крови, у другого – II. Можно ли по этим данным определить, какой из детей родной, а какой приемный?

Решение задачи начнем с определения всех возможных генотипов и фенотипов системы ABO.

| Ген   | Генотип          | Фенотип |
|-------|------------------|---------|
| $I^0$ | $I^0I^0$         | I       |
| $I^A$ | $I^AI^A; I^AI^0$ | II      |
| $I^B$ | $I^BI^B; I^BI^0$ | II      |
|       | $I^AI^B$         | IV      |

Составляем родословную данной семьи и определяем возможные фенотипы их детей:



Следовательно, родные дети могут иметь II или III группы крови, а ребенок с I группой крови (PP) – приемный.

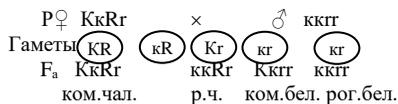
**Задача 5.** У крупного рогатого скота комолость (ген К) доминирует над рогатостью (ген к), а красная масть (ген R) – над белой (ген r). У шортгорнов гетерозиготные (Rr) животные имеют чалую масть. Какие соотношения генотипов и фенотипов получатся при анализирующем скрещивании?

Вспомним, что анализирующее скрещивание – это скрещивание гибридной особи с гомозиготной рецессивной особью (анализатором).

Записываем условие задачи:

| Ген | Генотип | Фенотип       |
|-----|---------|---------------|
| K   | KK, Kk  | Комолость     |
| k   | kk      | Рогатость     |
| R   | RR      | Красная масть |
| r   | Rr      | Чалая масть   |
|     | rr      | Белая масть   |

Составим схему анализирующего скрещивания:



Таким образом, в потомстве анализирующего скрещивания получено четыре разных фенотипа и четыре разных генотипа (расщепление составляет, и по фенотипу и по генотипу 1:1:1:1).

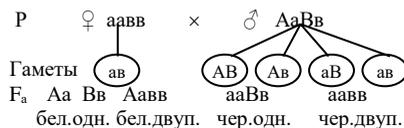
**Задача 6.** У свиней белая щетина доминирует над черной, а однопалость – над двупалостью. Хряк, имеющий однопалые ноги и белую щетину, скрещивался с двумя свиноматками К и М. При скрещивании со свиноматкой К все потомки были однопалые с белой щетиной, а при скрещивании со свиноматкой М – потомки имели 4 разных фенотипа, примерно в равном соотношении. Составить схемы скрещиваний и объяснить полученные результаты.

Записываем условие задачи:

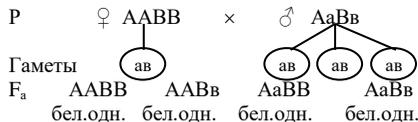
| Ген | Генотип | Фенотип                              |
|-----|---------|--------------------------------------|
| A   | AA, Aa  | Белая щетина                         |
| a   | aa      | Черная щетина                        |
| B   | BB, bb  | Однопалые                            |
| b   | bb      | (сростнопалые ноги)<br>Двупалые ноги |

Составим фенотип хряка, используя фенотипический радикал. Установить генотип хряка по потомству, полученному от свиноматки К, невозможно, так как все поросята родились с признаками отца, а вот потомство, полученное от свиноматки М, указывает на гибридное происхождение хряка:

Произведем скрещивание этого хряка со свиноматкой М, давшей 4 фенотипа в равных соотношениях. По всей вероятности это анализирующее скрещивание:



Следовательно, хряк гетерозиготный по обоим генам. Составим схему скрещивания данного хряка со свиноматкой К, давшей потомство одного фенотипа:



Имеем результат возвратного скрещивания гибридного хряка с чистопородной по доминантным признакам свиноматкой.

**Задача 7.** У мышей окраска шерсти зависит от наличия гена, опре-

деляющего развитие окраски (С – наличие пигмента, с – его отсутствие), и от гена, обуславливающего распределение пигмента по длине волоса (В – неравномерное распределение, в – равномерное распределение пигмента по волосу). У черных мышей волосы по всей длине окрашены равномерно. У мышей агути (дикая рыжевато-серая окраска) волос по всей длине окрашен неравномерно. Шерсть белых мышей (альбиносы) лишена пигмента. При скрещивании гомозиготных черных и белых мышей все потомство имеет цвет агути.

1. Каковы генотипы родительских форм? 2. Какое расщепление будет наблюдаться в потомстве второго поколения? Составим схему скрещивания:

$$\begin{array}{l}
 \text{Р} \quad \text{♀} \quad \text{ч.рн.} \quad \text{ССВВ} \quad \times \quad \text{♂} \quad \text{бел.} \quad \text{ссВВ} \\
 \text{Гаметы} \quad \text{СВ} \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{сВ}
 \end{array}$$

F<sub>1</sub> СсВв – агути (результат комплементарного взаимодействия генов). Следовательно, генотипы родительских форм были гомозиготными.

При скрещивании первого поколения между собой в F<sub>2</sub> будет наблюдаться расщепление:

9 С\_В\_ – агути, 3 С\_вв – черные

3сс В\_ – белые, 1 ссвв – белые, т.е. в данном случае расщепление по фенотипу будет идти в соотношении 9 агути: 3 черных: 4 альбиноса.

**Задача 8.** У кур ген С определяет окрашенность пера, его аллель с – неокрашенность (белое перо). Ген I является подавителем (супрессором, ингибитором) действия гена С, аллель i на окраску оперения не влияет. В присутствии даже одной дозы гена I в генотипе птицы действие генов окраски не проявляется. Какое оперение будет у потомков F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub> от скрещивания белых леггорнов ССII с белыми плимутроками ссii?

Составим схему скрещивания:

$$\begin{array}{l}
 \text{Р} \quad \text{♀} \quad \text{СС II} \quad \times \quad \text{♂} \quad \text{сс ii} \\
 \text{бел.} \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{бел.} \\
 \text{Гаметы} \quad \text{CI} \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{ci} \\
 \text{F}_1 \quad \text{Сс Ii} \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{(I>C)} \\
 \text{бел.}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{F}_1 \quad \text{♀} \quad \text{Сс Ii} \quad \times \quad \text{♂} \quad \text{Сс Ii} \\
 \text{Гаметы} \quad \text{СВ} \quad \text{Св} \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{СВ} \quad \text{Св} \quad \text{сВ} \quad \text{св} \\
 \text{F}_2 \quad 9 \text{С}_- \text{I}_- : 3 \text{С}_- \text{ii} : \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad 3 \text{сс II} : \text{I cc} \\
 \quad \quad \quad \text{бел.} \quad \text{ч.рн.} \quad \text{бел.} \quad \text{бел.}
 \end{array}$$

Следовательно, расщепление в F<sub>2</sub> идет в соотношении 13 белых: 3

черных.

### Вопросы для самопроверки

1. Что означают следующие термины: доминирование, рецессивность, аллель, гомозиготность, гетерозиготность, кодоминирование, комплементарность, полимерия?
2. Анализирующее скрещивание и его практическое значение?
3. Какое скрещивание называется моно-, ди-, полигибридным?
4. В чем суть открытий Г. Менделя?
5. Какие причины могут вызвать существенные отклонения от ожидаемого расщепления?
6. Примеры действия генов-модификаторов.
7. Какие типы взаимодействия неаллельных генов вам известны?

### 3. ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

Создание хромосомной теории наследственности и вклад в нее школы Моргана. Основные положения хромосомной теории наследственности. Явление сцепленного наследования. Полное и неполное сцепление генов. Факторы, влияющие на частоту кроссинговера. Роль кроссинговера и рекомбинации генов в эволюции и селекции животных. Генетические карты хромосом и принципы их построения. Сравнение генетических и цитологических карт хромосом.

Закон независимого комбинирования признаков проявляется лишь в том случае, если гены, определяющие эти признаки, локализованы в разных парах хромосом. При этом надо помнить, что количество генов всегда больше числа хромосом в кариотипе. Поэтому не все гены могут комбинироваться в соответствии с законами Менделя.

Научное объяснение этому противоречию было дано в опытах Моргана, где он установил сцепленное наследование неаллельных генов, которые локализованы в одной хромосоме. Важно усвоить, что гены, расположенные в одной хромосоме, наследуются совместно и образуют группу сцепления. Школой Моргана установлено, что число групп сцепления равно числу пар хромосом, т. е. гаплоидному числу хромосом (например, у дрозофилы обнаружено 4 группы сцепления, а кариотип ее  $2n = 8$ ).

Чтобы избежать ошибки в написании неаллельных генов, лежащих в разных хромосомах и в одной группе сцепления, используют различные формы записи.

Если гены А и В лежат в разных хромосомах, то можно воспользо-

ваться традиционной записью генотипа: AABV (AaBv, aавв и т.д.) или такой:

$$\begin{array}{ccc} A & B & a & v \\ = & = & = & = \\ A & B & a & v \end{array}$$

и т. д.

С учетом указанной символики сравним результаты анализирующего скрещивания при независимом и сцепленном наследовании. Например: скрещивались гетерозиготные коротконогие куры, имеющие розовидный гребень, с петухами, имеющими длинные ноги и простой гребень:

а) при независимом наследовании потомство анализирующего скрещивания будет иметь 4 разных фенотипа примерно в равном соотношении по каждой паре признаков (1:1:1:1):

$$\begin{array}{l} P \quad \quad \quad \frac{A}{a} \frac{B}{v} \quad \times \quad \quad \quad \frac{a}{a} \frac{v}{v} \\ \quad \quad \quad \frac{a}{a} \quad \frac{v}{v} \\ \text{Гаметы} \quad \quad \quad \left( \frac{A}{a} \frac{B}{v} \right) \quad \left( \frac{A}{a} \frac{v}{v} \right) \quad \left( \frac{a}{a} \frac{v}{v} \right) \\ \quad \quad \quad \left( \frac{A}{a} \frac{B}{v} \right) \quad \left( \frac{a}{a} \frac{v}{v} \right) \\ F_a \quad \frac{A}{a} \frac{B}{v} \quad \frac{A}{a} \frac{v}{v} \quad \frac{a}{a} \frac{B}{v} \quad \frac{a}{a} \frac{v}{v} \\ \quad \quad \quad \frac{a}{a} \quad \frac{v}{v} \quad \frac{a}{a} \quad \frac{v}{v} \quad \frac{a}{a} \quad \frac{v}{v} \\ \quad \quad \quad \text{кор.роз} \quad \text{к.пр.} \quad \text{д.роз.} \quad \text{дл.пр.} \\ \quad \quad \quad \text{ног.гр.} \quad \text{ног.г.} \quad \text{н.гр.} \quad \text{н.гр.} \end{array}$$

б) при сцепленном наследовании потомство анализирующего скрещивания будет иметь 2 разных фенотипа (в случае полного сцепления между генами А и В):

$$\begin{array}{l} P \quad \quad \quad \frac{AB}{av} \quad \times \quad \quad \quad \frac{av}{av} \\ \quad \quad \quad \frac{a}{a} \quad \frac{v}{v} \\ \text{Гаметы} \quad \left( \frac{AB}{av} \right) \quad \left( \frac{av}{av} \right) \quad \left( \frac{av}{av} \right) \\ F_a \quad \quad \quad \frac{AB}{av} \quad \frac{av}{av} \\ \quad \quad \quad \frac{a}{a} \quad \frac{v}{v} \quad \frac{a}{a} \quad \frac{v}{v} \end{array}$$

(расщепление и по фенотипу, и по генотипу идет в соотношении 1:1)

Однако следует помнить, что сцепление между генами может нарушаться из-за процесса кроссинговера, протекающего в профазе мейоза I.

В результате дигетерозиготная особь образует не два типа гамет, а четыре – добавляются гаметы с хромосомами, в которых произошел кроссинговер (кроссоверные). Причем кроссоверных гамет, как правило, образуется гораздо меньше, чем некроссоверных.



1. Основные положения хромосомной теории наследственности.
2. Что означает сцепление генов, группа сцепления?
3. Число групп сцепления у разных видов сельскохозяйственных животных.
4. Что является причиной нарушения сцепления между генами?
5. Роль кроссинговера, рекомбинации генов в эволюции и селекции. Двойной кроссинговер.
6. Всегда ли кроссинговер приводит к генетической рекомбинации?
7. Генетические и цитологические карты хромосом, их значение.

#### 4. ГЕНЕТИКА ПОЛА

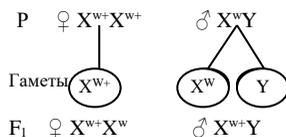
Хромосомный механизм определения пола. Типы хромосомного определения пола. Балансовая теория определения пола. Наследование признаков, сцепленных с полом. Признаки, зависимые от пола. Гормональные механизмы развития вторичных половых признаков. Интерсексуальность. Фримартинизм, гермафродитизм, гинандроморфизм, их теоретическое и практическое значение. Перспективы управления полом сельскохозяйственных животных. Практическое значение метода диагностики пола на ранних этапах развития организмов.

**Хромосомы** имеют прямое отношение к определению пола у раздельнополых организмов.

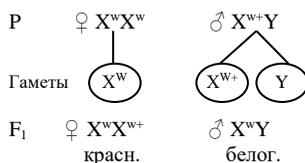
Биологические различия по полу представляют собой сложный комплекс признаков, по которым отличаются мужские и женские организмы. Однако определяющим фактором контроля развития того или другого пола является хромосомный аппарат клеток особи. При сравнении хромосомных наборов из соматических клеток женской и мужской особей обнаруживаются различия в одной паре хромосом, но у одного из полов эти хромосомы одинаковые, а у другого пола – одна такая же хромосома, а вторая отличается по своему строению. Эту пару хромосом принято называть половыми хромосомами и обозначать как XX- или XY-хромосомами, а все другие пары хромосом кариотипа, идентичные у мужской и женской особей, – **аутосомами**.

Определенное сочетание половых хромосом в зиготе и определяет пол будущего организма. Пол с одинаковыми половыми хромосомами (XX) называют **гомогаметным**, с разными (XY) – **гетерогаметным**. У многих видов животных (у человека, других млекопитающих, дрозофилы, земноводных и т.д.) гомогаметный пол женский, у бабочек и птиц гомогаметный пол мужской. У некоторых видов животных

(например, из отряда прямокрылых насекомых) У-хромосома утрачена и гетерогаметный мужской пол имеет из половых хромосом лишь одну X-хромосому (XO). Следовательно, различия между полами лежат в наборе X- и Y-хромосом. Равномерное распределение половых хромосом при гаметогенезе обуславливает равновероятное образование мужских и женских особей. Признаки, наследуемые через половые (X и Y) хромосомы, получили название **сцепленных с полом**. Когда записывают схему передачи признаков, сцепленных с полом, то в генетических формулах наряду с половыми хромосомами записывают и символы генов. Например, у дрозофилы известно около 200 признаков, которые наследуются сцепленно с полом, в том числе и наследование окраски глаз. У мух дикого типа – красные глаза ( $w^+$ ), белые глаза определяются мутантным рецессивным геном ( $w$ ), локализованным в X-хромосоме:



В данном случае и самки и самцы красноглазые, но если произвести обратные скрещивания, т. е. самку взять белоглазую, а самца – красноглазого, то в потомстве первого поколения произойдет расщепление по фенотипу – все самки красноглазые, а самцы белоглазые:



Следовательно, генетический анализ позволил установить такие особенности наследования, как различия в результатах прямых и реципрокных скрещиваний; наследование крест-накрест, т.е. признак от матери наследуется сыновьями, от отца – дочерьми. Эти особенности наследования связаны с тем, что Y-хромосома гетерогаметного пола относительно инертна, и гены, локализованные в X-хромосоме, находясь в гемизиготном состоянии, проявляются сразу же в фенотипе части потомства. Сцепленное с полом наследование выявлено у кошек, собак, свиней, лошадей, кур, тутового шелкопряда и у ряда других животных. У человека известно более 20 сцепленных с полом наслед-

ственных признаков, которые наследуются по типу наследования белоглазости у дрозофилы (гемофилия, дальтонизм, темная эмаль зубов, отсутствие потовых желез и др.).

Следует отличать признаки, сцепленные с полом, от признаков, ограниченных полом и зависимых от пола.

В практике животноводства важен также вопрос о возможности искусственной регуляции пола у животных. Следует изучить проблемы и достижения искусственной регуляции соотношения пола у разных сельскохозяйственных животных.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Опишите механизм определения пола.
2. Каковы отличия кариотипа самца от кариотипа самки у млекопитающих и птиц?
3. В чем различия между половыми хромосомами и аутосомами?
4. Что такое партеногенез, гиногенез, андрогенез?
5. Как вы понимаете бисексуальность организмов?
6. Что такое фримартинизм и какова причина его происхождения?
7. Какие признаки называются сцепленными с полом, ограниченными полом и зависимыми от пола?
8. Приведите примеры практического использования сцепленного с полом наследования.
9. Какие методы используются в практике животноводства для искусственной регуляции пола?

## **5. МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ**

Исследования, установившие роль нуклеиновых кислот в наследственности (трансформация, трансдукция у бактерий, рекомбинация у фагов, вирусов и плазмид). Основные виды ДНК и РНК, химический состав, структура, локализация в клетке, их функции. Передача наследственной информации в системе ДНК – РНК – белок-признак (транскрипция и трансляция). Обратная транскрипция, ее теоретическое и практическое значение. Роль ферментов в биосинтезе белка. Генетический код и его свойства: триплетность, множественность, неперекрываемость, однонаправленность, универсальность.

Современные представления о строении и функциях гена. Ген как элементарная единица наследственности. Строение гена эукариот: экзон и интроны. Посттранскрипционные преобразования м-РНК у эу-

кариот (процессинг, сплайсинг). Свойства гена: дискретность, аллельность, постоянство, специфичность, градуальность. Достижения и проблемы генной инженерии.

**Главную** роль в передаче наследственной информации играют биополимеры – нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК), входящие в состав клеток – представителей всего органического мира, от примитивных до самых высокоорганизованных его форм.

Большие успехи в выяснении закономерностей наследственности достигнуты благодаря использованию бактерий и вирусов в качестве генетических объектов исследований. Поэтому очень важно при изучении данной темы познакомиться со строением генетического материала у этих форм, обратив особое внимание на явления трансформации и трансдукции, доказывающих роль ДНК и РНК в передаче наследственной информации.

Необходимо изучить строение и синтез ДНК и РНК, выяснить их роль в биосинтезе белка. Изучая структуру и химический состав нуклеиновых кислот, обратите внимание на то, что они состоят из мономеров-нуклеотидов. В состав каждого нуклеотида входит одно из азотистых оснований (аденин, гуанин, цитозин, тимин и урацил), пентозный сахар (дезоксирибоза или рибоза) и фосфатный остаток ( $H_3PO_4$ ).

В молекуле ДНК две полинуклеотидные цепочки объединяются в виде двойной спирали, при этом между азотистыми основаниями образуются строго комплементарные, взаимодополняющие связи водородного типа. Аденин комплементарен тимину, а гуанин – цитозину.

Наличие комплементарной связи между двумя цепочками ДНК определяет одно из ее уникальных свойств – способность к редупликации, которая обеспечивает преемственность и сохранность генетического материала в клеточном и организменном ряду поколений. Обратите внимание на правило Чаргаффа.

При рассмотрении биосинтеза белка необходимо четко представлять сходство и различие в строении ДНК и РНК, а также иметь представление о генетическом коде и его свойствах.

Следует помнить, что ДНК непосредственного участия в синтезе белка не принимает. Это информационная система, а информацию с ДНК на рибосомы передает и-РНК. При этом необходимо изучить функции различных типов (и-РНК, т-РНК, р-РНК).

Зная, что последовательность аминокислот в белковой молекуле закодирована последовательностью триплетов нуклеотидов в молекуле ДНК и что непосредственной матрицей для синтеза белка служит

и-РНК, можно построить белковую молекулу, используя таблицу кодонов.

Таким образом, последовательность чередования нуклеотидов ДНК определяет (детерминирует) последовательность чередования аминокислот в белковой молекуле. Причем элементарной функциональной единицей ДНК является триплет, или кодон, тогда как структурной единицей является парный дезоксирибонуклеотид (А – Т, или Г – Ц). После изучения вопросов необходимо выяснить, как осуществляется механизм транскрипции и трансляции и уметь объяснить суть процесса сплайсинга.

Необходимо помнить, что материальным носителем свойств наследственности и изменчивости является структурно-функциональная организация гена.

В современном понимании ген – это участок молекулы ДНК, детерминирующий синтез определенного вида белка и оказывающий специфическое действие на проявление одного или несколько признаков. Ген – дискретная единица наследственности, которая может быть представлена в двух или нескольких аллельных состояниях. Аллели – это качественные состояния гена, они обуславливают развитие альтернативных выражений признака (например, рогатые – безрогие животные, желтый – зеленый цвет семян гороха). Аллели располагаются в одинаковых локусах (участках) гомологичных хромосом.

Важно обратить внимание на то, что представление о гене как о последней, неделимой единице наследственности, выдвинутое Морганом, было ошибочным. Позже работами Серебровского, Дубинина, Бензера и других было доказано, что внутри гена возможны мутации и рекомбинации. Размеры рекона и мутона соответствуют одной паре нуклеотидов ДНК.

В 60-х годах, изучая генетические процессы в бактериальных клетках, Жакоб и Моно ввели понятие о структурных генах, генах-регуляторах и операторах и разработали схему авторегуляции синтеза белка у кишечной палочки, идущей по принципу индукции – репрессии.

Согласно современным представлениям, ген, кодирующий белок у эукариот, состоит из экзонов (участки ДНК, несущие информацию о строении белка) и интронов (участки ДНК, не кодирующие структуру белка). Поэтому у эукариотических клетках в процессе транскрипции вначале синтезируется про-и-РНК, а затем в результате сплайсинга (вырезание интронов и сращивание экзонов) образуется зрелая и-РНК.

**Задача 1.** Укажите порядок нуклеотидов в цепочке ДНК, образу-

щейся в результате редупликации цепочки:

А Г Ц Ц Т А Г Ц А Т Г...

Сколько кодонов может быть представлено в этой цепочке?

Для решения задачи следует помнить тип комплементарных связей в молекуле ДНК (Аденин – Тимин; Гуанин – Цитозин). Следовательно, после редупликации двойная цепочка ДНК выглядит следующим образом:

А Г Ц Ц Т А Г Ц А Т Г  
: : : : : : : : : :  
Т Ц Г Г А Т Ц Г Т А Ц

Поскольку кодон (триплет) образован тремя парами нуклеотидов, то в цепочке представлены 3 полных кодона и 1 неполный.

**Задача 2.** Одна из цепочек ДНК имеет следующую последовательность нуклеотидов:

Т А А Ц А А Г Г А Т Т Ц ...

Укажите последовательность аминокислот, закодированных в данном гене. Так как матрицей для трансляции служит и-РНК, то вначале осуществляем транскрипцию, т. е. синтезируем комплементарную и-РНК для данной цепочки ДНК. При этом следует помнить, что в РНК вместо азотистого основания тимина содержится урацил:

ДНК – Т А А Ц А А Г Г А Т Т Ц...  
: : : : : : : : : :  
и-РНК – А У У Г У У Ц Ц У А А Г...

Далее по таблице кодонов находим соответствующие триплетам аминокислоты: АУУ – изолейцин; ГУУ – валин; ЦЦУ – пролин; ААГ – лизин.

Следовательно, участок белковой молекулы, информация о котором содержится в данном гене, имеет следующий вид: изолейцин – валин – пролин – лизин... .

**Задача 3.** Фрагмент белковой молекулы начинается со следующих аминокислот: лейцин – аспарагин – валин – фенилаланин...

Какова последовательность нуклеотидов в гене, кодирующем данный белок? Для того чтобы ответить на поставленный вопрос, нужно по таблице кодонов найти соответствующий каждой аминокислоте триплет нуклеотидов и восстановить структуру и-РНК:

и-РНК Ц У Ц А А Ц Г У Ц У У Ц ...

Затем путем обратной транскрипции строим фрагмент генома, кодирующего данный белок:

и-РНК ЦУЦ ААЦ ГУЦ УУЦ...  
код :::: :::: :::: ::::  
Ген (ДНК) ГАГ ТТГ ЦАГ ААГ...  
некод ЦТЦ ААЦ ГТЦ ТТЦ

### Вопросы для самопроверки

1. Что изучает молекулярная генетика?
2. Докажите роль ДНК в наследственности.
3. Чем отличается ДНК от РНК?
4. Что такое генетический код и какими свойствами он характеризуется?
5. Что такое ген в современном понимании?
6. Понятие о транскрипции и трансляции.
7. Роль нуклеиновых кислот в биосинтезе белка.
8. Как осуществляется регуляция активности генов?

## 6. МУТАЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Классификация изменчивости: наследственная (мутационная, комбинативная, коррелятивная, онтогенетическая) и ненаследственная (модификационная). Значение изменчивости в селекционной работе.

Мутационная теория Г. де Фриза, ее значение и недостатки. Понятие о мутации и мутагенезе, мутагене и мутанте. Общие особенности мутагенеза. Спонтанный и индуцированный мутагенез. Факторы мутагенеза: физические, химические, биологические. Понятие о комутагенах и антимутагенах. Значение индуцированных мутаций в селекции микроорганизмов, растений и животных. Современная классификация мутаций.

Характеристика геномных мутаций. Полиплоидия. Примеры полиплоидных форм у растений. Амфидиплоиды. Полиплоидия у животных. Практическое и эволюционное значение полиплоидии. Гетероплоидия, причины возникновения и значение.

Характеристика внутри- и межхромосомных аббераций: дефишен-

си, делеции, дупликации, фрагментации, инверсии, транслокации. Значение в практике и эволюции.

Генные мутации, молекулярный механизм возникновения. Классификация генных мутаций. Понятие о мутабельности генов. Множественный аллелизм. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости Н.И.Вавилова, значение его для предсказания появления новых наследственных изменений. Генетические последствия загрязнения окружающей среды. Генетический мониторинг. Роль световой и темновой репарации.

**Изменчивость** следует рассматривать как процесс взаимосвязи организма со средой, являющейся основным источником для естественного и искусственного отбора и одним из главных факторов эволюции. Объясняя мутационную изменчивость, следует обратить внимание на то, что мутации (внезапные стойкие изменения) изменяют наследственные структуры клетки (гены, хромосомы) и что эти изменения сохраняются в ряду многих поколений. При этом важно знать отличительные особенности комбинативной изменчивости, возникающей при скрещивании организмов, где в основе лежит независимое расхождение хромосом в мейозе и кроссинговер. Возникновение мутаций связано с действием физических и химических мутагенных факторов. Разбирая вопрос о действии ионизирующей радиации на организм, нужно уяснить, что такое летальные и критические дозы радиации, как работает репарационная система клетки.

Необходимо помнить, что алкоголь, курение, медикаменты, принимаемые без рекомендации врача, также относятся к «факторам риска».

Рассматривая классификацию мутации, разберитесь с сущностью мутаций, действующих на наследственный аппарат: геномными, генными и хромосомными по фенотипу.

Следует помнить, что мутации возникают не в каждой клетке и реализуются не у каждого организма. Разберитесь, почему и от чего зависит мутабельность.

Следует обратить внимание на особый тип мутаций – полиплоидию, выражающуюся в кратном увеличении числа хромосом, которая широко используется в селекции растений, хотя полиплоидные формы искусственно получены у тутового шелкопряда, рыб, амфибий.

Завершить изучение темы следует выяснением значения закона Н. И. Вавилова и разных видов изменчивости в практике животноводства. Обратите внимание на генетический параллелизм в отношении

наследственных аномалий, обнаруженных у человека и животных многих видов.

### Вопросы для самопроверки

1. Что такое мутация и мутагенез?
2. Классификация мутаций по генотипу и фенотипу.
3. Понятие мутабельности и от чего она зависит.
4. Что такое полиплоидия? Типы полиплоидов.
5. Понятие множественного аллелизма. Примеры наследования признаков, контролируемых серией множественных аллелей.
6. Индуцированный мутагенез. Примеры его использования.

## 7. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Понятие об онтогенезе. Генетические закономерности онтогенеза. Влияние генов на развитие признаков. Роль генетической информации на начальных стадиях онтогенеза. Дифференциальная активность генов на разных этапах онтогенеза. Взаимодействие ядра и цитоплазмы в развитии. Каскадная и гормональная регуляция действия генов у эукариот в процессе онтогенеза. Критические периоды в развитии и их причины. Влияние среды на развитие признаков. Понятие о фенкопиях и морфозах.

Генетические основы воспроизведения и долголетия животных. Иммунологическая обусловленность уровня воспроизведения. Влияние аномалий кариотипа на воспроизведение и их учет в селекции животных. Биологическое и хозяйственно полезное долголетие животных и их характеристика.

**Онтогенез** (индивидуальное развитие особи) начинается с акта оплодотворения и заканчивается смертью. При изучении онтогенеза важно понять, каким образом генетическая информация, записанная в оплодотворенном яйце, затем в условиях целостного организма управляет всеми процессами жизнедеятельности.

Начните разбор темы с разницы в реализации наследственной информации между прокариотами и эукариотами. Так, у прокариот путь от гена к признаку простой и его можно представить в виде схемы:

Ген ————— Фермент ————— Признак.

У высших (эукариот) этот процесс сложнее, так как каждый признак контролируется многими генами, формируется под влиянием многих

ферментов во взаимодействии с другими органами и тканями. Например: окраска меха у норок контролируется более чем 20 генами, а окраска шерсти у крупного рогатого скота зависит от различного сочетания 10 генов.

Установлено, что развитие любого организма подчинено общим закономерностям: 1) прохождение в эмбриогенезе фаз развития, характерных для предков (биогенетический закон Геккеля – Мюллера); 2) неравномерность и неодновременность прохождения процессов роста и дифференцировки; 3) необратимость и обратимость дифференцировки соматических клеток и тканей.

Раскройте сущность каждой закономерности. Приведите примеры в подтверждение общности происхождения организмов. Подчеркните разницу между процессами роста и дифференцировки.

Следующим этапом изучения темы является установление роли генетической информации на начальных стадиях онтогенеза. Важно подчеркнуть, что в первой стадии развития эмбриона регуляция осуществляется не только за счет генов зиготы, но и за счет информации бывшей яйцеклетки. Эта информация закодирована в виде и-РНК, находящихся в цитоплазме в так называемых информосомах, образующихся впрям еще до образования яйцеклетки.

Наиболее важным вопросом данной темы является теория регуляции синтеза и-РНК и белка. Уясните сущность этой теории, которая сводится к тому, что благодаря механизму, регулируемому активностью генов, в определенный период онтогенеза происходит синтез именно тех белков и того состава и функций, которые характерны для данного органа и ткани. Отметьте, что на протяжении жизни организма гены работают дискретно: одни включаются, а другие в это время бездействуют. Изучите влияние гормонов и других биологически активных соединений на развитие животных.

Далее нужно подробно охарактеризовать фазы эмбрионального и постэмбрионального периодов онтогенеза. Приведите примеры продолжительности отдельных фаз у разных видов животных. Уточните влияние условий внешней среды в разные периоды развития на характер проявления признака.

Важно знать, что в отдельные периоды онтогенеза повышается чувствительность организма к воздействию внешней среды. В этих случаях речь идет о критических периодах развития. Наиболее изучены критические периоды у млекопитающих, рыб, птицы. Уточните, к чему приводят изменения условий внешней среды в эти периоды. Какие

внешние факторы оказывают наибольшее влияние на процесс онтогенеза у рыб и птиц?

Завершите разбор данной темы изучением основ воспроизведения и долголетия. Выделите и охарактеризуйте комплекс иммунологических процессов, влияющих на воспроизведение у животных.

Для оценки сельскохозяйственных животных применяют термин «хозяйственное долголетие». Уясните, в чем его отличие от «биологического долголетия». Отметьте максимум долголетия для разных видов сельскохозяйственных животных.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Дайте характеристику биогенетическому закону онтогенеза.
2. С чем связано изменение функции генов в онтогенезе животных: экспрессия, пенетрантность?
3. Какова роль материнского организма на начальных стадиях онтогенеза?
4. Что понимается под критическими периодами развития? Назовите их у разных видов животных.
5. Роль генотипа и среды в процессе онтогенеза.
6. Что понимают под биологическим и хозяйственным долголетием?

## **8. ИММУНОГЕНЕТИКА И ПОЛИМОРФИЗМ БЕЛКОВ И ФЕРМЕНТОВ**

Понятие о группах крови и методах их изучения. Системы групп крови животных. Номенклатура. Наследование групп крови. Иммуногенетическая несовместимость, ее последствия (гемолитическая болезнь жеребят и поросят) и меры профилактики. Биохимический полиморфизм белков и его генетическая природа. Методы определения, характер наследования. Использование групп крови и биохимического полиморфизма в практике для изучения генетики популяций, определения достоверности происхождения племенных животных, родства пород и линий, выявления фримартинизма и изучение связей с продуктивностью.

**Изучение** данной темы начните с истории развития иммуногенетики. Отметьте вклад ученых в развитие этого направления (Ландштейнер, Эрлих, Моргенрот, Ирвин, Оуэн и др.). Иммуногенетика имеет большое теоретическое и практическое значение в медицине, ветеринарии, а также в селекции животных, где при помощи эритро-

цитарных антигенов и полиморфных белков можно осуществлять контроль происхождения животных и решать ряд других проблем. Следует подчеркнуть, что в основе иммуногенетики объединены иммунологические и генетические методы, выявляющие особенности реакций между эритроцитарными антигенами и антителами. Четко уясните, что такое антиген и антитело. Эритроцитарные антигены рано закладываются в эмбриональный период, не меняются в течение онтогенеза и не зависят от условий кормления, содержания и других факторов среды. Запомните, что основой для определения взаимодействия антиген – антитело у крупного рогатого скота и овец служит реакция гемолиза, а у свиней чаще реакция агглютинации и реже – гемолиза. В основе данных методов лежат реакции, которые возникают между испытуемыми образцами крови конкретного животного и моноспецифической антисывороткой. Ознакомьтесь с методикой получения моносыворотки. Далее изучите номенклатуру антигенов. Следует знать, что из-за большого количества антигенов буквы латинского алфавита записывают с надстрочными и подстрочными индексами. Например: А, В, С, А<sup>1</sup>, В<sub>1</sub>, С<sup>1</sup> и т. п. Помните, что А и А<sup>1</sup> или В и В<sub>1</sub> – это разные антигены, не связанные ни генетически, ни иммунологически друг с другом.

Обратите внимание, что одиночные или сцепленно наследуемые в виде постоянного сочетания антигены образуют группы крови, а совокупности групп крови, контролируемые аллелями одного локуса – системы крови. Выясните, что такое группы крови, сколько их у человека. Системы групп крови у животных, закономерности их наследования. Дайте характеристику простым и сложным, открытым и закрытым системам. Запомните, что большинство аллелей генетических систем групп крови наследуются по типу кодоминирования, т.е. в гетерозиготе фенотипически проявляются оба гена.

Известно, что при пересадке органов и тканей от донора к реципиенту возникают иммунные реакции, вызывающие отторжение трансплантата. В этом случае речь идет об антигенах гистосовместимости, расположенных чаще всего на лейкоцитах.

Выясните, что понимается под главным комплексом гистосовместимости (МНС). Ознакомьтесь с основной ролью этого комплекса. Уточните, у каких видов сельскохозяйственных животных открыт МНС.

Закончить разбор данной темы необходимо знакомством с полиморфными системами белков и ферментов. Так, биохимический полиморфизм проявляется в том, что синтезируемые белки и ферменты

имеют несколько фенотипических состояний, а обусловлено это наличием в локусе множественных аллелей. Отметим, что группу полиморфных систем образуют: белки и ферменты сыворотки крови, молока и яиц; белки и ферменты эритроцитов, семенной жидкости и т. д. Следует охарактеризовать основные полиморфные системы белков и ферментов у сельскохозяйственных животных: гемоглобин (Hb) трансферрин (Tf), амилаза (Am), церрулоплазмин (Cp), карбоангидраза эритроцитов (Ca) в сыворотке крови; бета-лактоглобулин ( $\beta$  Lg), альфа-лактоальбумин ( $\alpha$  La), бета-казеин ( $\beta$  Cn), гамма-казеин ( $\gamma$  Cn) и т.д. – в молоке. Учитывая четкость наследования типов белков и доступность их определения, можно успешно применять их при изучении происхождения животных, зиготности двоен и др. Выяснить аллели полиморфных систем можно с помощью метода электрофореза, который основан на способности разных полиморфных типов белков и ферментов передвигаться с разной скоростью в поле постоянного тока.

Особое внимание при разборе темы обратите на использование достижений иммуногенетики и биохимического полиморфизма в практике животноводства: для контроля происхождения животных; определения генетического сходства между родственными группами; установления однойцевости и двуйцевости близнецов; установления коррелятивных связей между определенными системами групп крови и аллелями полиморфных систем белков с хозяйственно полезными признаками; установления связи с резистентностью к болезням, что открывает перспективы использования для прогнозирования.

### Вопросы для самопроверки

1. Что такое антиген, группа крови, система групп крови, тип крови, феногруппа: сложные, простые, открытые и закрытые системы?
2. Как определяют группы крови у животных?
3. Почему возникает гемолитическая болезнь новорожденных? У каких видов она установлена?
4. Что лежит в основе генетического полиморфизма? Основные полиморфные системы животных.
5. Как определяются группы крови и выявляется белковый полиморфизм у животных?
6. Какое значение для селекции имеют группы крови и биохимический полиморфизм? Маркерный эффект в иммуногенетике.
7. Что такое гистосовместимость? Ее роль в селекции.

## 9. ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦИИ

Понятие о виде, популяции и чистой линии. Генетические параметры, характеризующие популяцию. Методы изучения популяций. Структура свободно размножающейся популяции. Закон Харди – Вайнберга. Использование формулы Харди – Вайнберга для определения генетической структуры свободно размножающейся популяции. Закон стабилизирующего скрещивания Пирсона. Эффективность отбора в популяции и чистой линии. Понятие о микро- и макроэволюции. Основные факторы генетической эволюции в популяциях (мутации, отбор, миграции, дрейф генов, изоляция). Влияние на структуру популяции скрещивания и инбридинга. Влияние на изменение структуры популяции различного вида скрещиваний: поглотительного, воспроизводительного, промышленного. Понятие об инбридинге. Влияние инбридинга на генетическую структуру популяций. Методы оценки инбридинга по Шапоружу и С. Райту. Инбредная депрессия как следствие родственных спариваний. Понятие о гетерозисе. Гипотезы, объясняющие эффект гетерозиса и инбредной депрессии. Использование гетерозиса и инбридинга в животноводстве.

Изучение данной темы следует начать с выяснения понятий «вид», «популяция», «чистая линия», «порода».

Популяционная генетика ставит своей целью изучение закономерностей распределения соотношений генотипов в популяции и концентрации доминантных и рецессивных генов, так как биологическая и хозяйственно полезная значимость гомозигот и гетерозигот различна.

В связи с этим необходимо выяснить причины различной эффективности отбора в популяциях и чистых линиях, а также установить, в какой мере учение Иоганнсена можно использовать в селекционной работе.

Особое внимание следует обратить на закон Харди – Вайнберга, который выражен формулой в виде бинома:

$$(P_{(A)} + g_{(a)})^2 = P^2_{(AA)} + 2pg_{(2Aa)} + g^2_{(aa)},$$

где  $P_{(A)}$  – частота доминантного гена  $A$ ;

$g_{(a)}$  – частота рецессивного гена  $a$ .

Из приведенной формулы следует, что:

а) частота гомозиготных доминантных особей равняется квадрату частоты доминантного гена  $P^2_{(AA)}$ ;

б) частота гомозиготных рецессивных особей равняется квадрату частоты рецессивного гена  $g^2_{(aa)}$ ;

в) частота гетерозиготных особей равняется удвоенному произведению частот обеих аллелей  $2pg$  ( $2Aa$ ).

Отсюда следует вывод, что сумма частот аллелей в популяции составляет единицу, т.е.  $P_{(A)}+g_{(a)}=1$ . Однако постоянно одинаковое соотношение генотипов может наблюдаться лишь в идеальных популяциях, где отсутствуют различные селективные преимущества, т.е. факторы, нарушающие идеальность популяций.

К факторам, нарушающим генетическую структуру (идеальность) популяций, относятся:

1) мутационное давление, возникающее в результате того, что частота прямых  $A \rightarrow a$  и обратных мутаций  $a \rightarrow A$  разная, в результате сдвиг в популяции происходит в сторону увеличения концентрации одного гена и уменьшения другого;

2) интенсивность и направленность отбора, происходящего в популяции. Поскольку разные генотипы имеют разную значимость, то лучшие фенотипы получают преимущество, а малоприспособленные, с пониженной продуктивностью и воспроизводительной способностью нивелируются отбором, как естественным, так и искусственным, в результате чего структура популяции будет изменяться;

3) численность популяций должна быть значительной, чтобы не сказывались случайные отклонения;

4) свободное скрещивание, которое в условиях искусственной популяции просто запрещается;

5) генетический дрейф генов – изменение концентрации отдельных генов благодаря каким-либо случайным изменениям численности популяций;

б) достаточная изоляция популяций, ограждающая ее от других популяций.

Каждый из факторов может нарушать соотношение генотипов, вследствие чего постоянного равновесия генетической структуры популяций быть не может. Поэтому закон Харди – Вайнберга, который можно назвать законом равновесия генных концентраций в свободно размножающихся (панмиктических) популяциях, имеет первостепенное значение для понимания механизма эволюционных изменений и решения чисто практических задач в животноводстве, например, прогнозирования проявления каких-то наследственно обусловленных аномалий и болезней. Для лучшего усвоения материала ниже приводится принцип решения типовых задач.

В данной теме следует выяснить генетическую сущность инбридинга и аутбридинга, их влияние на структуру панмиктической популяции. Поскольку близкородственное и неродственное скрещивание по-разному оказывает влияние на генотип потомства, то следует установить их различия, проявляющиеся, с одной стороны, в инбредной депрессии потомства, а с другой стороны, – в эффекте гетерозиса. Необходимо выяснить причины инбредной депрессии и гетерозиса, их практическое значение в животноводстве. Несмотря на то, что многие факторы изменяют структуру популяции, любая биологическая система обладает адаптивными механизмами, с помощью которых она поддерживает свое существование. Адаптивные генетические механизмы, называемые генетическим гомеостазом, действуют благодаря свободному скрещиванию разнополых особей и постоянному обмену наследственной информации между особями популяции, поддержанию определенного темпа и направления мутационного процесса.

Следовательно, с одной стороны, на популяцию действуют факторы, нарушающие равновесие генотипов, с другой стороны, – механизм генетического гомеостаза как бы стабилизирует это постоянство.

**Задача 1.** Из 350 родившихся телят 7 были с контрактурой мышц. Необходимо установить процентное соотношение генотипов в данной популяции.

Исходя из уравнения Харди – Вайнберга  $P^2_{(AA)} + 2pg(2Aa) + g^2_{(aa)} = 1 = 100\%$  находим процент аномальных телят в стаде:

$P^2_{(AA)} + 2pg(2Aa)$  – нормальные.

$g^2_{(aa)}$  – больные – 7.

$n = 350$  телят.

$350 - 100\%$

у 7-х, следовательно,  $g^2_{(aa)} = \frac{7 \cdot 100}{350} = 2\% = 0,02$ .

Дальше узнаем частоту аллеля  $g_{(a)}$ .

$$g_{(a)} = \sqrt{0,02} = 0,14.$$

По уравнению  $P_{(A)}$  находим частоту доминантного гена  $P_{(A)}$ ;

$$P_{(A)} = 1 - g_{(a)} = 1 - 0,14 = 0,86.$$

Зная частоту доминантного и рецессивного генов, находим процентное соотношение генотипов в данной популяции, подставляя значение в формулу Харди – Вайнберга:

$$(0,86)^2 \times 100\% + (2 \times 0,86 \times 0,14) \times 100\% + (0,14)^2 \times 100\% = \\ = 74\% + 24\% + 2\%.$$

Следовательно, гомозиготных особей будет 74%, носителей аномалий, т.е. гетерозиготных – 24% и гомозиготных рецессивных – 2%. Переводя проценты в натуральные величины, получим, что гомозиготных доминантных особей AA – 259 телят, гетерозиготных Aa – 84, рецессивных гомозигот aa – 7.

**Задача 2.** Альбинизм у людей встречается в соотношении 1 на 10000 человек с нормальной пигментацией. Определить процент людей – носителей гена альбинизма.

Условные обозначения:

$P_{(A)}$  – нормальная пигментация,

$g_{(a)}$  – альбинизм.

По уравнению  $P^2_{(AA)} + 2pg(2Aa) + g^2_{(aa)}$  находим  $g^2_{(aa)} = 0,0001$ .

Отсюда частота гена  $g_{(a)} = \sqrt{0,0001} = 0,01$ .

По уравнению  $P_{(A)} + g_{(a)} = 1$  находим частоту гена  $P_{(A)}$ :

$$P_{(A)} = 1 - g_{(a)} = 1 - 0,01 = 0,99$$

и процент гетерозиготных людей по гену альбинизма, т.е.

$$2P_g = (2 \times 0,99 \times 0,01) \times 100 \% = 2 \%$$

Следовательно, 2% людей являются носителями гена альбинизма.

### Вопросы для самопроверки

1. Дать определение популяции и чистой линии.
2. Определите основные свойства генетической популяции.
3. Сущность закона Харда – Вайнберга.
4. Какие факторы нарушают идеальность структуры популяций?
5. Генетический груз в популяциях животных.
6. Понятие об инбридинге и инбредной депрессии.
7. Биологическая суть гетерозиса.
8. Практическое использование эффекта гетерозиса в животноводстве.

## 10. ГЕНЕТИКА АНОМАЛИЙ И БОЛЕЗНЕЙ

Понятие о наследственной устойчивости животных к заболеваниям. Методы изучения наследственной резистентности (устойчивости) и восприимчивости к болезням. Наследственная устойчивость к различным возбудителям заболеваний и факторам среды. Методы повышения наследственной устойчивости животных к болезням (оценка производителей, семейств и линий, отбор, скрещивание).

Определение типа наследования аномалий (рецессивный, доминантный). Отклонения от ожидаемого расщепления признаков у потомства, связанные с летальными генами, локализованными в аутозомах и сцепленных с полом. Примеры распространения аномалий в популяциях животных разных видов. Учет и регистрация врожденных аномалий. Методы профилактики распространения аномалий.

**Аномалии и болезни животных** вызываются эндогенными (наследственность) и экзогенными (условия окружающей среды) факторами. В зависимости от соотношения наследственности и среды все формы болезней классифицируют на три группы: наследственные, наследственно-средовые и средовые. Дайте характеристику каждой группе болезней и аномалий.

Следует знать, что часто генетическая аномалия по фенотипу не отличается от наследственного дефекта. В данном случае речь идет о фенкопиях. Разберитесь, как отличить фенкопии от наследственных дефектов.

Для определения наследственной обусловленности зарегистрированных аномалий или заболеваний используют комплекс зоотехнических, генетических и ветеринарных методов. С помощью данных методов в настоящее время у сельскохозяйственных животных изучено 130 наследственных аномалий и заболеваний. Определите, на чем основываются данные методы? Более подробно остановитесь на зоотехническом методе, в основе которого лежит генеалогический анализ, дающий возможность установления типа наследования аномалий. Приведите примеры аномалий и болезней, имеющих рецессивный и доминантный типы наследования, у разных видов животных. Выделите болезни сельскохозяйственных животных, которые наследуются сцепленно с X-хромосомой. Остановитесь на методах профилактики распространения генетических аномалий.

Изучая данную тему, следует усвоить основные понятия и терминологию в отношении болезней: резистентность, восприимчивость,

патогенность. Разберитесь с понятиями летальные и сублетальные гены.

Известно, что отдельные болезни быстро распространяются на большом поголовье и наносят огромный экономический ущерб. Поэтому наиболее важным вопросом этой темы является изучение наследственной устойчивости (резистентности) организма к ряду заболеваний. Следует помнить, что селекция на устранение из популяции наследственных аномалий и дефектов менее сложна, чем селекция, направленная на повышение естественной резистентности, так как аномалии фенотипически проявляются чаще при гомозиготном состоянии рецессивного гена. Отметьте, что темп селекции на резистентность зависит от интервала между поколениями. Так, у животных с большим интервалом между поколениями (у крупного рогатого скота 5 лет), селекция на резистентность будет проходить медленнее, чем у животных с малым интервалом между поколениями (птица). Кроме этого тормозят селекцию на резистентность и условия внешней среды, которые могут отрицательно сказываться на здоровье животных. Определите наиболее эффективные методы селекции животных на резистентность.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Классификация аномалий и болезней.
2. Какими методами выявляют наследственные аномалии и болезни.
3. Сущность следующих терминов: летальные факторы, врожденное уродство, фенкопии, тератогенные факторы, устойчивость, резистентность, восприимчивость.
4. Определение типа наследования аномалий.
5. Генетическая устойчивость и восприимчивость животных к болезням: вирусные, бактериальные, протозойные болезни.
6. Мероприятия по повышению устойчивости животных к заболеваниям.

## **11. ГЕНЕТИКА ПОВЕДЕНИЯ И ЗНАЧЕНИЕ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ В СЕЛЕКЦИИ ЖИВОТНЫХ**

Предмет, задачи и методы изучения генетики поведения. Основные характеристики поведения как физиологические показатели. Генетические основы высшей нервной деятельности и поведения. Типы нерв-

ной деятельности и их значение в селекции на стрессоустойчивость и адаптацию к условиям среды. Влияние средовых факторов на поведение и адаптацию животных. Влияние domestikации, стабилизирующего отбора и селекции на поведение животных (опыты А.И. Беляева и др.). Использование генетически обусловленного поведения животных в практике селекционной работы.

Генетика поведения – раздел общей генетики, изучающий наследственную детерминацию поведения животных. Начало изучения проблемы поведения животных принадлежит таким ученым, как И.М. Сеченов, И.П. Павлов, которые основали учение об условно-рефлекторной деятельности животных. Установлено (Е.К. Меркурьева), что гены, контролирующие тип поведения, благоприятные в данных условиях для вида, приводят к сокращению генофонда и росту популяции. Имеются сведения, что на поведение оказывают влияние три гена: активности, страха и дикости. Все это указывает на наследственную обусловленность поведения животных.

Разбор темы следует начинать с генетических и физиологических основ поведения. Привести примеры доказательства генетической обусловленности некоторых форм поведения. Остановиться на роли высшей нервной деятельности (ВНД) в формировании поведенческих реакций. Связь между типом ВНД и стрессоустойчивостью коров.

При современной технологии ведения животноводства изучение закономерностей поведения организмов приобретает не только теоретическое, но и практическое значение. Следует дать характеристику всем основным формам поведения: пищевое, выделительное, половое, покровительственное, стадное, конкурирующее, подражательное, самосохраняющее и исследовательское.

Продолжением разбора темы является изучение факторов, влияющих на поведение и адаптацию животных: а) материнского организма; б) факторы среды; в) domestikации и селекции.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какова роль поведения животных в селекции?
2. Доказательства влияния наследственности на поведение.
3. Каковы физиологические основы поведения?
4. Характеристика основных форм поведения животных.
5. Основные факторы, влияющие на поведение и адаптацию животных, и их характеристика.

## 12. ЧАСТНАЯ ГЕНЕТИКА ОСНОВНЫХ ВИДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Характеристика кариотипов разных видов животных. Особенности наследования качественных признаков. Характеристика белкового полиморфизма и групп крови у разных видов. Основы генетики поведения животных и их значение в практике животноводства. Особенности наследования количественных признаков. Наследуемость количественных признаков. Методы изучения наследуемости количественных признаков (коэффициенты наследуемости и повторяемости). Использование коэффициентов наследуемости и повторяемости в селекционной практике. Определение эффекта селекции и целевого стандарта. Оценка генотипа животных по качеству потомства.

**Генетика каждого вида** сельскохозяйственных животных должна рассматриваться в определенной последовательности.

Вначале следует ознакомиться с основными селекционируемыми признаками, которые зависят от вида продукции и направления продуктивности (мясная или молочная, шерстная, сальная, шубная, яичная). Далее необходимо дать характеристику цитогенетики каждого вида. При изучении цитогенетической характеристики птицы обратите внимание на группы сцепления генов. Уточните частоту встречаемости хромосомных аномалий у разных видов животных. Обратите внимание на организацию контроля генетической полноценности сельскохозяйственных животных.

Продолжением разбора темы является характеристика по группам крови и полиморфизму белков во взаимосвязи с хозяйственно полезными признаками. Обратите внимание на то, что обнаружена связь между некоторыми группами крови, системами белков с продуктивностью и воспроизводительной функцией у крупного рогатого скота, со стрессоустойчивостью у свиней, работоспособностью у лошадей, резистентностью у птицы.

Основное место по каждому виду отведено изучению наследования основных качественных и количественных признаков. Так, качественные признаки определяются в основном наследственностью, т.е. практически не изменяются под влиянием внешних условий. Например: масть крупного рогатого скота, форма гребня у кур, окраска меха у пушных зверей.

К количественным признакам относят основные хозяйственно полезные признаки, которые имеют полигенный тип наследования (зависят от большого числа генов). И в отличие от качественных признаков

их проявление в большей степени зависит от условий внешней среды: кормления, содержания, использования. Характеризуются такие признаки определенными статистическими параметрами. Исходя из этого, необходимо охарактеризовать основные селекционируемые признаки каждого вида по таким параметрам, как коэффициент наследуемости, повторяемости и изменчивости. Выделить низко-, средне- и высоконаследуемые признаки у разных животных.

В животноводстве широкое признание получили такие явления, как инбридинг и гетерозис. Инбридинг (родственное спаривание животных) используют с целью повышения генетического сходства потомков с предком, обладающим выдающимися хозяйственно полезными признаками. Выясните причины и продолжительность действия инбредной депрессии, последствия инбридинга в животноводстве. Уточните, при работе с какими видами животных наиболее часто прибегают к родственному спариванию и почему.

Разберитесь с особенностями селекции на получение гетерозиса в птицеводстве, мясном скотоводстве, овцеводстве, коневодстве.

Далее следует остановиться на разборе наследственных аномалий и болезней у разных видов животных. Приведите примеры заболеваний, приносящих наибольший экономический ущерб животноводству. Остановитесь на наследственной природе таких болезней и мерах борьбы с ними (скрепи у овец, гемолитическая болезнь у жеребят, болезнь Марека и т. д.).

Закончить разбор темы следует основными биотехнологическими приемами, которые позволяют повысить потенциал воспроизводства.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Кариотипы основных видов сельскохозяйственных животных.
2. Какие признаки относят к низко-, средне- и высоконаследуемым у разных видов сельскохозяйственных животных?
3. Основные качественные признаки сельскохозяйственных животных и их характер наследования.
4. Основные количественные признаки сельскохозяйственных животных и их характер наследования.
5. Наследственные аномалии и болезни у разных видов животных.

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| Введение.....   | 3  |
| 1. Цитологические основы наследственности.....  | 5  |
| 2. Закономерности наследования признаков при половом размножении .....                | 6  |
| 3. Хромосомная теория наследственности .....  | 17 |
| 4. Генетика пола .....  | 20 |
| 5. Молекулярные основы наследственности .....   | 22 |
| 6. Мутационная изменчивость .....   | 26 |
| 7. Генетические основы индивидуального развития .....                                 | 28 |
| 8. Иммуногенетика и полиморфизм белков и ферментов .....                              | 30 |
| 9. Генетика популяции.....  | 33 |
| 10. Генетика аномалий и болезней.....   | 37 |
| 11. Генетика поведения и значение поведенческих признаков в селекции<br>животных..... | 38 |
| 12. Частная генетика основных видов сельскохозяйственных животных.....                | 40 |

**Учебно-методическое издание**

**Курская Юлия Алексеевна**

# **ГЕНЕТИКА ЖИВОТНЫХ**

Методические рекомендации по изучению дисциплины и для подготовки  
к промежуточной аттестации

Подписано для размещения в ЭБС ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА  
Печ. л. 2,7

ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА  
214000, Смоленск, ул. Б. Советская, 10/2.