

Е.Н. Чернобай,

Т.И. Антоненко, Н.А. Агаркова
СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ
МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ НОВЫХ
ПОРОД И ЛИНИЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ЖИВОТНЫХ



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

**Е.Н. Чернобай, Т.И. Антоненко, Н.А. Агаркова
СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ
НОВЫХ ПОРОД И ЛИНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ЖИВОТНЫХ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Рекомендовано федеральным учебно-методическим объединением в системе высшего образования по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки 36.00.00 Ветеринария и зоотехния в качестве учебного пособия для межвузовского использования в учебных организациях, реализующих программы высшего образования по направлениям подготовки 36.03.02 Зоотехния (бакалавриат), а также может быть использовано обучающимися по образовательной программе 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции (бакалавриат)

Ставрополь
«АГРУС»
2020

Авторы:

Заведующий базовой кафедрой частной зоотехнии, селекции и разведения животных, доктор биологических наук, доцент

Чернобай Евгений Николаевич

Доцент кафедры кормления животных и общей биологии, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Антоненко Татьяна Ивановна

Старший преподаватель базовой кафедры частной зоотехнии, селекции и разведения животных, кандидат сельскохозяйственных наук

Агаркова Наталья Александровна

Рецензенты:

Главный научный сотрудник отдела овцеводства ВНИИОК – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», доктор биологических наук.

Скорых Лариса Николаевна

Профессор кафедры экологии и природопользования, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» Институт наук о земле, доктор биологических наук, профессор

Мишвелов Евгений Георгиевич

Чернобай Е.Н., Антоненко Т.И., Агаркова Н.А.

Селекционно-генетические методы создания новых пород и линий сельскохозяйственных животных : учебное пособие / Е.Н. Чернобай, Т.И. Антоненко, Н.А. Агаркова; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь, 2020. – 257 с.

В настоящем учебном пособии приводится теоретический материал, позволяющий понять вопросы селекционно-генетических методов создания новых пород и линий сельскохозяйственных животных. Успешное освоение изложенного в учебном пособии материала позволит эффективно решать проблему продовольственной безопасности страны на основе применения знаний, умений и навыков в селекции животноводства, отвечающих требованиям промышленной технологии и потребительского рынка.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ПОНЯТИЕ ВИДА, ЕГО БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И КРИТЕРИИ.....	6
2. ЕСТЕСТВЕННЫЙ И ИСКУССТВЕННЫЙ ОТБОР В ЖИВОТНОВОДСТВЕ	8
2.1 Естественный отбор в животноводстве	8
2.2 Искусственный отбор в животноводстве.....	10
2.2.1 Методы искусственного отбора.....	13
2.2.2 Группировка животных при искусственном отборе.....	15
3. ГЕНОФОНД СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ОБЩАЯ ГЕНЕАЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОРОДЫ.....	18
4. МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИИ ПО УЛУЧШЕНИЮ ПОРОД ПРИ ГОМОГЕННОМ ОТБОРЕ ..	24
5. МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИИ ПО СОЗДАНИЮ НОВЫХ ПОРОД ПРИ ГЕТЕРОГЕННОМ ОТБОРЕ.....	30
5.1. Методы селекции по сохранению пород при гетерогенном отборе	45
5.2. Методы селекции по использованию пород в промышленном животноводстве при гетерогенном отборе	54
6. СЕЛЕКЦИОННЫЕ ХОЗЯЙСТВЕННО ПОЛЕЗНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ПРИЗНАКИ ОТБОРА	59
7. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ ПРИ ОТБОРЕ	65
7.1 Отбор по экстерьеру и конституции	66
8. ЗНАЧЕНИЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИЗНАКОВ ОТБОРА	77
9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛЕМЕННОЙ ЦЕННОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ ПРИ ОТБОРЕ	88
9.1 Оценка племенной ценности животных по фенотипу.....	89
9.2. Оценка племенной ценности животных по генотипу.....	93
10. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭФФЕКТА СЕЛЕКЦИИ	98
10.1 Основные показатели эффективности отбора животных.....	98
10.2 Отбор животных в племенное ядро и прогнозирование эффекта селекции	101
10.3 Прогноз эффекта гетерозиса	110
10.4 Прогнозирование продуктивности с применением индексов	115
11. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕЛЕКЦИИ ЖИВОТНЫХ И ЗНАЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИЗНАКОВ ОТБОРА	116
11.1 Генетические основы селекции	116
11.2 Значение генетических параметров признаков отбора	119
12. ФАКТОРЫ ОБУСЛАВЛИВАЮЩИЕ ЭФФЕКТ СЕЛЕКЦИИ, АНАЛИЗ РОДОСЛОВНЫХ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИНБРИДИНГА	133
12.1. Инбридинг.....	133
12.2 Расчет коэффициента генетического сходства по формуле С. Райта на основе анализа родословных	141
13. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРУПП КРОВИ И ПОЛИМОРФНЫХ БЕЛКОВЫХ СИСТЕМ В СЕЛЕКЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ	143
13.1 Группы крови, системы групп крови и их использование практике животноводства	143
13.2 Иммуногенетический контроль достоверности происхождения у животных по антигенам крови	148
13.3 Полиморфные системы белков крови животных и возможности использования их в селекции	155
14. МАРКЕРНАЯ СЕЛЕКЦИЯ ИЛИ MAS-СЕЛЕКЦИИ (MARKER ASSISTED SELECTION, MAS.).....	162
15. ГЕНОМНАЯ СЕЛЕКЦИЯ.....	169

15.1 Геномная селекция в молочном скотоводстве	172
15.2 Геномная селекция в свиноводстве	174
15.3 Геномная селекция в овцеводстве	179
ГЛОССАРИЙ.....	184
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	216

ВВЕДЕНИЕ

Селекция животных основана на применении селекционно-генетических методов направленных на ускоренное улучшение качественных и количественных признаков сельскохозяйственных животных, совершенствование существующих и выведение новых пород и линий приспособленных к интенсивной промышленной современной технологии.

Дисциплина «Селекционно-генетические методы создания новых пород и линий сельскохозяйственных животных» предусмотрена учебным планом по направлению подготовки 36.03.02 Зоотехния.

Данный курс предусматривает изучение отбора и подбора в животноводстве, влияние факторов на эффективность отбора и подбора, принципов отбора по гену, искусственного отбора по селекционным индексам, методов селекции по улучшению пород при гомогенном отборе, методов селекции по созданию новых пород при гетерогенном отборе, селекционных хозяйственно полезных показателей и признаков отбора, основных видов продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы при отборе, племенной ценности сельскохозяйственных животных и птицы при отборе, методов определения и прогнозирования эффекта селекции, генетических основ селекции животных и значение параметров признаков отбора, маркерной селекции или MAS-селекции (MARKER ASSISTED SELECTION, MAS.)», геномной селекции в животноводстве.

Учебное пособие «Селекционно-генетические методы создания новых пород и линий сельскохозяйственных животных» изложено в доступной форме, что позволит студентам успешно освоить данную дисциплину, применять полученные знания и навыки в практической работе и быть готовыми к решению проблем в области разведения, селекции и генетики сельскохозяйственных животных.

1. ПОНЯТИЕ ВИДА, ЕГО БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И КРИТЕРИИ

Цель занятия: Изучить механизмы и способы видообразования.

Вид – это совокупность особей с общими морфологическими признаками, занимающих один (сплошной или частично разобщенный) ареал, объединенных возможностью скрещиваться друг с другом. В природных условиях виды отделены друг от друга полной репродуктивной изоляцией (нескрещиваемостью). Различают два понятия вида: **биологический** – самостоятельная единица в природе и в эволюционных событиях, и **таксономический** – основная единица в систематике.

Главное биологическое свойство вида – его репродуктивная изоляция от групп видов в природных условиях. Именно благодаря этому свойству виды и сохраняют свою генетическую специфику и независимую самостоятельную эволюционную судьбу. Каждый вид состоит из разных скрещивающихся между собой популяций. Скрещивание между представителями разных популяций, ведущее к обмену генами между ними, может прекратиться по разным причинам. Эти причины в эволюционной генетике принято называть **изолирующими механизмами**.

Все многообразие изолирующих механизмов можно разделить на три типа: **пространственно-географические, экологические и репродуктивные**.

Пространственно-географический тип изолирующих механизмов определяется особенностями ареала и зависит либо от географического расстояния, которое слишком велико по сравнению с возможностью популяции к расселению, либо от различных преград к расселению, например, водных пространств, горных хребтов и т.п.

Экологические барьеры определяются различиями в экологических требованиях разных популяций на тех или иных стадиях жизни особей. При этом если экологические барьеры возникают на нерепродуктивной стадии, то они в основном определяются разной биологией питания, то есть различными пищевыми предпочтениями.

Тип репродуктивной изоляции включает в себя большую группу изолирующих механизмов, но все они целиком определяются свойствами самих особей. Полная же репродуктивная изоляция создается постепенно естественным отбором и обеспечивается, как правило, совместным действием различных изолирующих механизмов. При этом необходимо отметить, что степень генетической

несовместимости, лежащей в основе нескрещиваемости, у разных таксономических видов различна - от абсолютной изоляции до почти полной скрещиваемости, следовательно, биологические свойства нескрещиваемости (или генетической изолированности) - не всегда абсолютный критерий систематического вида.

Морфологическая специфика видов, как их биологическое свойство и систематический критерий, имеет меньшее значение, чем степень репродуктивной изоляции. Морфологические межвидовые различия бывают весьма существенными. Однако в природе встречаются морфологически очень сходные виды, но с совершенно репродуктивно изолированными биологическими видами.

Различные способы видообразования. Процессы, ведущие к возникновению постоянной репродуктивной изоляции между первоначально скрещивающимися популяциями, называют видообразованием, поскольку в результате возникает новый вид. Видообразование может начаться с возникновения отдельного изолирующего механизма, который частично изолирует популяцию, ранее скрещивающуюся с другими. Дальнейшее приспособление популяции, осуществляемое естественным отбором, все более генетически преобразует ее.

Существует несколько возможных путей или способов видообразования, к которым относятся **аллопатрический и симпатрический**. Аллопатрическое и симпатрическое возникновение нового вида происходит при разных пространственных взаимоотношениях изолирующихся популяций.

Аллопатрическими называют популяции, обитающие в разных местах. Следовательно, аллопатрическое видообразование всегда связано с действием пространственно-географических изолирующих механизмов. Аллопатрическое, или географическое, видообразование, как правило, - процесс постоянный. Биологическая репродуктивная изоляция бывает побочным продуктом длительного периода такого развития.

Симпатрическими называют популяции, обитающие в пределах одной и той же территории. Возникновение нового вида происходит в пределах одной местной предковой популяции. Отбор может сохранить новую форму, если она полезна, и формировать ее дальше, все более изолируя от предковой популяции. Такой дизруптивный отбор может привести к образованию групп, которые уже невозможно будет считать членами единой скрещивающейся популяции.

Довольно часты случаи видообразования, промежуточные между симпатрией и аллопатрией, поскольку популяции, хотя и занимают

разное место обитания, ареалы их могут частично перекрываться.

Если в результате скрещивания получены межвидовые гибриды, которые являются репродуктивными, то они могут быть источником популяций, изолированных от родительских форм, способных самостоятельно эволюционировать.

Возникновение более крупных, чем вид, таксономических единиц (родов, семейств и т. д.) называется *микроэволюцией*. Эволюционные процессы на макроуровне имеют большую продолжительность и происходят в геологическом масштабе времени. Микроэволюция - это процесс, который в конечном счете привел к развитию из амебы человека. Поэтому ясно, что в основе этого процесса лежали комплексные ароморфные преобразования морфологической организации.

Контрольные вопросы:

1. Что называют биологическим видом.
2. Что называют таксономическим видом.
3. Что в генетике называют изолирующими механизмами.
4. На какие типы можно разделить изолирующие механизмы.
5. Дайте характеристику *аллопатрическим и симпатрическим* способам видообразования
6. Что такое микроэволюция.

2. ЕСТЕСТВЕННЫЙ И ИСКУССТВЕННЫЙ ОТБОР В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

2.1 Естественный отбор в животноводстве

Цель занятия: Изучить, что такое естественный отбор в животноводстве и его формы.

Естественный отбор можно определить как дифференциальное воспроизведение особей. Особи, которые оставляют гораздо больше жизнеспособных потомков и несут большой генетический вклад в генофонд следующего поколения, являются более приспособленными к данным условиям среды. Относительный вклад особи в создание и формирование следующего поколения называется приспособленностью, или адаптивной ценностью, что позволяет сравнивать особей в популяции по конечному результату, безотносительно к конкретным механизмам, которыми достигается адаптация. Отбор идет не по одному признаку, а по всей их совокупности, но фенотипу.

Эффективность естественного отбора. Эффективность действия

естественного отбора и скорость вызываемых им генетических преобразований зависит от многих факторов: структуры популяции, природы признака, условий среды и т. д.

Эффективность отбора зависит от таких факторов, как продолжительность жизни, частота смены поколений, плодовитость и т. д.

Формы естественного отбора. В природных популяциях направление действия отбора и его давления на один и тот же признак или группу признаков может меняться в пространстве и времени. Поэтому могут меняться результаты его действия. На основе результатов действия отбора И. И. Шмальгаузен выделены две формы отбора - движущая и стабилизирующая.

Движущая форма отбора осуществляется, когда селекционные преимущества приобретают те или иные отклонения в организации по сравнению с устоявшейся в прежних условиях нормой, то есть результаты действия той формы отбора ведут к формированию новой нормы и элиминации прежней. Эту форму естественного отбора еще называют направленным отбором, поскольку он вызывает направленное (в одну сторону) изменение генетической структуры популяции. Движущая форма отбора благоприятствует отклонениям в значении признака в одну сторону, а потому ведет к сдвигу средней. Практически весь искусственный отбор, вся селекция животных и птиц в нужном человеку направлении является примером этой формы отбора.

Стабилизирующая форма отбора реализуется при постоянных условиях среды или таких ее колебаниях, при которых селективное преимущество остается за нормой, а любые отклонения от нормальной организации понижают приспособленность.

Дизруптивная форма отбора препятствует сохранению крайних типов и элиминации промежуточных. Дизруптивный отбор служит механизмом возникновения и поддержания в популяциях устойчивого полиморфизма. Эта форма отбора может способствовать экологическому разобщению генофонда в популяциях обитающих на узкой территории, и вести к симпатрическому видообразованию.

Симпатрическое, или экологическое, видообразование связано с расхождением групп особей одного вида, обитающих на одном ареале, по экологическим признакам. При этом особи с промежуточными характеристиками оказываются менее приспособленными. Расходящиеся группы формируют новые виды.

Контрольные вопросы:

1. Что понимают под естественным отбором.

2. От каких факторов зависит эффективность отбора.
3. Движущая и стабилизирующая формы отбора по И. И. Шмальгаузену.
4. Дайте характеристику дизруптивной формы отбора.

2.2 Искусственный отбор в животноводстве

Цель занятия: Изучить особенности искусственного отбора, его методы и группировку животных при искусственном отборе.

Под искусственным отбором понимают отбор наиболее ценных в хозяйственном отношении животных и использование их для дальнейшего развития, то есть полное или частичное устранение какой-то группы особей от воспроизводства. Искусственный отбор включает в себя:

- 1) определение того направления, в котором его начинают вести;
- 2) оценку признаков;
- 3) оценку самих животных по их фенотипу (продуктивность, экстерьер, интерьер и конституция);
- 4) оценку животных по их генотипу, определяемому по происхождению (по фенотипу их предков и боковых родственников) и по качеству потомства (по фенотипам их потомков);
- 5) группировку животных по их происхождению, возрасту, классам, типу, качеству, хозяйственной и племенной ценности, назначению;
- 6) решение судьбы животных и птиц.

В связи с этим различают *односторонний и комплексный отбор*. При *одностороннем отборе* селекцию ведут по одному продуктивному признаку, а *при комплексном* – по ряду признаков.

Практика показывает, что чем меньше признаков учитывается при отборе, тем быстрее при прочих равных условиях достигается **селекционная граница**, то есть минимальные фенотипические требования развития селекционного признака, или нижний уровень отбора. Однако в итоге односторонний отбор приводит к снижению жизнеспособности животных (селекционной депрессии).

Чтобы избежать селекционной депрессии при одностороннем отборе, оценку животных проводят по комплексу признаков, что позволяет исправить имеющиеся в популяции или породе недостатки и обеспечить относительно гармоничное развитие и жизнеспособность племенных животных и птиц.

По Ч. Дарвину, искусственный отбор, в отличие от естественного, - отбор домашних животных и птиц, производимый человеком для извлечения из этого определенной для себя выгоды. В искусственном отборе Ч. Дарвин выделил две формы: **методический и**

бессознательный отбор.

Между методическим и бессознательным отбором Ч. Дарвин видит мало различий, кроме того, что в одном случае человек поступает намеренно, в другом - нет; в обоих случаях человек сохраняет тех животных, которые для него более полезны. При методическом отборе результаты сказываются быстрее, чем при бессознательном.

На основе оценки признаков животных и птиц в практике животноводства часто проводят ***массовый (фенотипический) отбор.*** Для массового отбора главное - это индивидуальные особенности животных, независимо от степени их наследственной передачи потомству, то есть отбор животных по всем признакам его фенотипа, независимо от места, занимаемого животным среди его предков, боковых родственников и потомков. Исходя из современной генетической терминологии, массовый отбор часто называют фенотипическим, или отбором по фенотипу, что более правильно.

Селекция включает два элемента единого процесса: ***отбор и подбор.***

Путем отбора и подбора селекционер изменяет генетическую структуру стада, породы. Ч. Дарвин писал, что предупреждение свободного скрещивания и систематическое спаривание отдельных животных составляет краеугольный камень заводского искусства. В результате отбора и подбора не возникают новые гены, а увеличивается частота желательных аллелей и уменьшается частота нежелательных.

В целом общая эффективность искусственного отбора зависит от ряда факторов: условий среды, интенсивности отбора, интервала между поколениями, числа селекционируемых признаков, частот генов в популяции, их сцепления и числа генов, детерминирующих образование признака, и т. д. При этом необходимо отметить, что при всех формах искусственного отбора всегда действует и естественный отбор. Его давление может быть различно в зависимости от условий, в которых ведется селекция на том или ином этапе развития технологии животноводства и птицеводства.

С точки зрения генетики, эффективность отбора зависит от типа действия генов.

Отбор на доминантный ген при полной пенетрантности и экспрессивности его признака фенотипически проявляется в гомогенном и гетерогенном состоянии. Особи с такими генами могут быть легко отобраны (например, черная масть у скота АА и Аа). Трудность заключается в дифференцировке гомогенных и гетерогенных особей. Но они могут быть преодолены при использовании анализирующего скрещивания.

Отбор против доминантного гена. При полной пенетрантности доминантного гена от него можно избавиться практически за одно поколение (выбраковываются AA и Aa). Этот отбор идет как против гомогенов, так и против гетерогенов. Все лимитируется числом особей с желательным генотипом (aa), имеющимся в стаде. Для повышения эффективности искусственного отбора следует учитывать фенотип предков, потомства и боковых родственников.

Отбор по рецессивному гену. В случае, когда в популяции имеется достаточно особей с рецессивным признаком, искусственный отбор будет достаточно эффективным. Это обусловлено тем, что при скрещивании рецессивных гомогенов не наблюдается расщепление. Поэтому при скрещивании, например, серебристо-голубых норок (pp) все потомство будет также иметь серебристо-голубую окраску. Этот отбор действует только на гомогенов (aa) и не действует на гетерогенов (Aa).

Отбор против рецессивных генов. Отбор против рецессивных генов требует, как правило, много поколений. Отбор против вредных рецессивных генов должен проводиться во всех породах. Эта форма искусственного отбора для практики селекции одна из самых важных. При искусственном спаривании через гетерогенных производителей могут широко распространяться рецессивные наследственные аномалии.

Отбор в пользу гетерогенных особей. Этот искусственный отбор проводят в том случае, если гетерогенные особи по развитию признака превосходят гомогенные формы (сверхдоминирование, или гетерозис). Наличие сверхдоминирования при естественном отборе приводит к возникновению устойчивого полиморфного равновесия. Частота аллелей тогда определяется коэффициентом отбора против гомогенных форм. В результате искусственного отбора повысить частоту гетерогенных особей можно не более чем на 50%.

Отбор против гетерогенных особей. Этот отбор проводят в том случае, когда у гетерогенов развитие признаков хуже, чем у гомогенов. Примером могут служить транслокации, носители которых имеют более низкую плодовитость.

Отбор против рецессивных гомогенов и против доминантных аллелей приводит к уменьшению частоты вредных аллелей.

Отбор по генам с эффектом сверхдоминирования. Тип взаимодействия аллельных генов, при котором гетерогены фенотипически превосходят гомогены, называется сверхдоминированием. Сверхдоминирование не может быть закреплено селекцией, поскольку гетерогены (Aa) всегда дают расщепление. Как

было отмечено, гетерогенность, а значит и гетерозис нельзя сохранить, но можно получить при скрещивании разных гомогенных форм родителей. В животноводстве для этого проводят искусственный отбор при скрещивании разных пород и линий.

Частотно-зависимый отбор. Устойчивый генетический полиморфизм может возникнуть не только в результате преимущества гетерогенов, но и вследствие частотно-зависимого отбора. Это отбор, при котором приспособленность генотипов изменяется в зависимости от их частот. В изменяющихся условиях среды отбор может благоприятствовать относительно часто встречающимся генотипам. Если генотип широко распространен в популяции, то его приспособленность может быть ниже. Следовательно, частотно-зависимый искусственный отбор в пользу редких генотипов - один из механизмов поддержания генетического полиморфизма в популяциях, поскольку приспособленность генотипа повышается. При этом приспособленность тем выше, чем реже встречается генотип.

Контрольные вопросы:

1. Что понимают под искусственным отбором.
2. Что включает в себя искусственный отбор.
3. Что вы понимаете под односторонним и комплексным отбором.
4. Что такое селекционная граница.
5. Дайте характеристику по Ч. Дарвину методическому и бессознательному формам отбора.
6. Как проводят массовый (фенотипический) отбор.
7. От каких факторов зависит эффективность искусственного отбора.
8. Принцип отбора на доминантный ген.
9. Принцип отбора против доминантного гена.
10. Принцип отбора по рецессивному гену.
11. Принцип отбора против рецессивных генов.
12. Принцип отбора в пользу гетерогенных особей.
13. Принцип отбора против гетерогенных особей.
14. Принцип отбора по генам с эффектом сверхдоминирования.
15. Принцип частотно-зависимого отбора.

2.2.1 Методы искусственного отбора

Различают массовый, семейный, внутрисемейный и комбинированный отбор (отбор по индексам).

Искусственный отбор по нескольким селекционным и технологическим признакам ведут тремя методами. Это тандемный отбор, отбор по независимым уровням и отбор по зависимым уровням

при помощи селекционного индекса.

Массовый искусственный отбор. При этом методе отбора из популяции отбирают большое число лучших особей на основе их фенотипической оценки. Это наиболее простой отбор, который дает эффект при относительно большой величине количественного признака. При низкой наследуемости признака он малоэффективен.

Семейный отбор. На основании среднего значения признака по семейству отбирают или выбраковывают целые семьи. Например, на устойчивость к лейкозу семейства с высокой частотой заболеваемости должны полностью выбраковываться.

Внутрисемейный отбор. При этом отборе особи отбираются на основании отклонения каждой особи от среднего значения признака по семейству. Животных, которые по селекционному признаку превосходят среднее значение для семьи, отбирают на племя.

Отбор предков, оцененных по качеству потомства. Этот метод искусственного отбора используется в животноводстве и птицеводстве. Критерий отбора особей (преимущественно производителей) - среднее значение признака их потомства.

Тандемный (последовательный) отбор. Этот отбор ведут по очереди (последовательно) по каждому признаку.

Отбор по независимым уровням. При этом отборе для каждого селекционируемого признака устанавливается минимальный стандарт. Особи, которые по какому-то одному из признаков не отвечают установленным требованиям, не допускаются к дальнейшему воспроизводству. В отличие от метода тандемной селекции рассматриваемый метод позволяет вести отбор одновременно по нескольким признакам.

Искусственный отбор по селекционным индексам. Этот метод отбора проводится по комплексу признаков с помощью селекционных индексов. Селекционный индекс включает информацию о нескольких признаках, по которым ведется отбор каждой особи.

Применение различных методов искусственного отбора приводит к *селекционному плато (пределу)* по отбираемым селекционным и технологическим хозяйственно полезным признакам. Несомненно, существует биологический предел в развитии любого признака.

Контрольные вопросы:

1. Принцип массового искусственного отбора.
2. Как проводится семейный отбор.
3. Как проводится внутрисемейный отбор.
4. Отбор предков, оцененных по качеству потомства.
5. Тандемный (последовательный) отбор.

6. Отбор по независимым уровням.
7. Искусственный отбор по селекционным индексам.

2.2.2 Группировка животных при искусственном отборе

Группировку животных и птиц внутри породы, популяции, стада, табуна, отары проводят ежегодно по результатам оценки, ведется по таким их особенностям: году рождения, возрасту, происхождению (генотипу) и качеству (бонитировке).

Группировка животных по году рождения. В связи с группировкой по году рождения применяется такая система присвоения кличек, по которой всем животным одного года рождения дают клички, начинающиеся на одну и ту же букву.

Генеалогическая группировка животных. При генеалогической группировке животных и птиц выделяют такие группы, как линия, семейства, сибсы, полусибсы, а также группы животных, происходящих от кроссов или от инбридингов.

Бонитировка. Бонитировкой называется ежегодно проводимая оценка качества и типа животных. На основе ее животных разделяют на классы. Она является многосторонней оценкой продуктивных и племенных качеств по комплексу признаков и завершается назначением каждой особи для дальнейшего воспроизводства в племенной и промышленной сети.

Комплексность оценки – основная особенность бонитировки. При бонитировке учитывают происхождение животных (порода, породность, принадлежность к линии, качество ближайших предков), живая масса, продуктивность (для молочного и молочно-мясного скотоводства, например, надой и массовая доля жира в молоке (МДЖ)), экстерьер (на основании осмотра, промеров и оценки по баллам), оценку по качеству потомства. Показатели продуктивности, а также происхождение животных устанавливаются по данным зоотехнического учета. По экстерьеру и конституции животных оценивают в натуре.

Группировка маточного стада по качеству. Группировочные классы являются основными критериями качественной группировки животных внутри каждой породы. Они исходят из стандарта породы и позволяют дифференцировать породу не на две группы, а на пять или шесть качественно различных групп-классов (элита-рекорд, элита, I, II и для некоторых видов III).

Система для пользовательского маточного стада выглядит следующим образом:

Группы особого племенного назначения (1) в пользовательском маточном стаде может не быть вовсе. Но она может быть представлена

даже одним выдающимся животным, которое используют для улучшения генофонда стада.

Племенная группа (2) имеется в каждом пользовательском маточном стаде. В нее входят лучшие по породности, продуктивности и экстерьерно-конституциональным качествам самки, от которых намечается оставлять приплод для ремонта маточного поголовья. Эта группа (ее называют и племенным ядром) выделяется с таким расчетом, чтобы число ремонтного молодняка несколько превышало число требуемого для ремонта маточного стада.

В товарную группу (3) относятся менее ценные по своим племенным и продуктивным качествам матки пользовательского стада. Весь приплод от этих животных (самцы и самки) используются для откорма и убоя.

В группу брака (4) входят самки стада, выбракованные по возрасту, продуктивности, бесплодности и т. д. Подбора производителей в этой группе не делается.

Схема деления маточного стада племенного хозяйства, по существу, состоит из тех же четырех групп, как и в пользовательском стаде, но эти группы имеют другие назначения, которые приводятся ниже.

1. Группа особого племенного назначения (оставляют маток и самцов).

1.1. Ведущие матки (матери одобренных производителей).

1.2. Резервно-ведущие матки (матери допущенных производителей).

2. Основная группа (оставляют только дочерей).

3. Группа производственного назначения (потомство выранжировывается).

4. Группа маток, удаляемых из стада.

4.1. Выранжированные матки (реализуются).

4.2. Брак (на убой).

Таким образом, в маточном племенном стаде прежде всего дифференцируют животных на оставляемых в стаде (1, 2) и устранимых (3, 4) из него (выранжировка брак).

Маток племенной группы разделяют на две части, от одной из них оставляют на племя только дочерей (основная группа), от другой оставляют на племя и дочерей, и сыновей (группа племенного назначения, селекционная)

В этой группе выделяют подгруппы: ведущую и резервно ведущую.

В подгруппу *ведущих* (1.1) из этой группы входят лучшие из

лучших по племенным и продуктивным качествам, их наследственность желательно через сыновей максимально использовать в данном племенном стаде или в ряде других ценных племенных стад.

В подгруппу *резервно-ведущих* (1.2) входят также очень ценные племенные самки, использование сыновей которых в племенных стадах менее желательно, чем сыновей маток ведущей группы.

В отличие от брака в товарных стадах группа удаляемых из хозяйства самок (4) делится на две отличающиеся друг от друга подгруппы: выранжировываемых и брака.

Выранжировка (4.1) – это удаление из стада самок для использования их в маточном стаде других хозяйств (в том числе и племенных дочерних). Следовательно, в выранжировочную группу входят матки, племенная ценность которых для данного племенного стада недостаточна, но в других стадах она может быть и очень значительной.

В брак (4.2) поступают животные, идущие на убой. Брак делится на племенной (из стада устраняются особи, которые сами и их потомство не представляют племенной ценности) и на брак по физической непригодности животных (возраст, состояние здоровья, продуктивность и т. д.).

Группировка (отбор) производителей. Производителей отбирают для получения потомства по происхождению, конституционально-экстерьерным особенностям и по качеству потомства.

По данным комплексной оценки производителям присваивают бонитировочный класс и племенную категорию, на основании чего их группируют для племенного отбора на следующие группы:

1. производители экстра-класса (лидеры породы);
2. производители для использования в племенных стадах;
3. производители, допущенные для использования на племенном поголовье;
4. производители для использования в промышленных стадах;
5. производители, непригодные для использования в племпредприятиях.

В связи с широким использованием искусственного осеменения очень важно решить проблему устранения непригодных для племенного улучшения производителей.

Контрольные вопросы:

1. Принципы группировки животных и птицы.
2. Что такое бонитировка.
3. Группировка маточного стада по качеству.
4. Каких животных относят в племенную группу.

5. Схема деления маточного стада племенного хозяйства.
6. Что такое выранжировка.
7. Какие животные поступают в брак.
8. Каких животных относят в товарную группу.
9. На какие группы по данным комплексной оценки (бонитировки) с целью племенного отбора группируют производителей.

3. ГЕНОФОНД СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ОБЩАЯ ГЕНЕАЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОРОДЫ

1. **Цель занятия:** Изучить, понятие генофонд сельскохозяйственных животных, по каким критериям проводится отбор генофонда популяций, методы сохранения генофонда, генеалогическую структуру породы, порода, породная группа, заводской тип, генеалогическая линия, заводская линия, инбредная линия, гибриды, специализированная линия, кросс линий, семейство, общая комбинационная способность (ОКС), специфическая комбинационная способность (СКС).

Генофонд сельскохозяйственных животных. Под генофондом понимается все многообразие элементарных наследственных признаков в пределах крупной совокупности особей. Установлено, что из 1300 популяций крупного рогатого скота, лошадей, овец, коз и свиней под угрозой исчезновения находятся 240. Поэтому как никогда актуальна проблема сохранения генофонда пород. В другой редакции под генофондом понимают совокупность аллелей (генов) одной популяции (породы, типа и т. д.), характеризующихся одной частотой.

А. С. Серебровский (1970) считал, что при анализе и отборе генофонда популяций необходимо знать:

- список генов, входящих в генофонд;
- частоту аллелей;
- характер комбинации генов в данной популяции;
- характер распределения частоты аллелей по территории или по другим элементам популяции;
- общее строение популяции, ее оплодотворяемость, миграцию или эмиграцию генов;
- характер мутационного процесса, идущего в популяции.

Наиболее важная проблема в селекции - сохранение локальных адаптированных пород для отбора с их специфическими реакциями, физиологическими и иммунологическими свойствами. Локальные аборигенные и местные улучшенные породы имеют нежелательные с

современной точки зрения признаки и оказались неконкурентоспособными с породами более интенсивного типа. Однако при изменении потребностей и мутации в будущем они годятся в качестве источника генетических ресурсов при создании и совершенствовании пород. Животные этих пород характеризуются крепкой конституцией, более высокой устойчивостью к болезням, приспособленностью к экстремальным условиям существования, долголетием и другими ценными признаками племенных и продуктивных качеств, которые могут быть использованы для повышения эффекта селекции.

На основе местных пород были выведены многие породы всех видов животных и птицы.

Сохранение генетических ресурсов сельскохозяйственных животных и птицы нужно для поддержания генетической изменчивости и пластичности при смене средовых, кормовых и ветеринарных условий. Предлагается три основных метода сохранения генофонда для его использования в селекции:

- криоконсервация спермы и эмбрионов;
- поддержание генофонда популяции без селекции;
- воспроизведение специализированных различающихся популяций с помощью селекции или без нее.

Сохранение генофонда путем криоконсервации спермы обходится значительно дешевле, чем сохранение малых популяций (пород). Однако на реконструкцию породы с помощью беккроссов нужно не менее 10 лет. Криоконсервация спермы и эмбрионов позволит при необходимости восстановить породу практически за 1 год. Этот метод экономически в 10 раз дешевле, чем сохранение живых животных, и дает возможность в неизменном состоянии сохранить генофонд местных пород.

Общая генеалогическая структура породы. В животноводстве под популяцией понимают различной численности группу животных одной породы, имеющих фенотипическое и генетическое отличие.

Порода – это большая группа сходных по генетически обусловленным хозяйственно-биологическим свойствам и морфологическим признакам сельскохозяйственных животных общего происхождения и одного вида, которым требуются одинаковые природно-хозяйственные условия. Порода представляет собой целостную динамичную систему, поддержание и развитие которой регулируется трудом человека в конкретных природно-экологических условиях. По мнению Д. А. Кисловского, порода - это одновременно и биологическая, и социально-экономическая категория.

Порода как средство производства требует постоянного и систематического совершенствования. Малочисленность породы снижает возможность ее прогресса. Численность породы обусловлена многими факторами: ее ценностью, ареалом, приспособленностью к условиям зоны использования. Племенные и продуктивные качества породы обуславливаются наличием чистопородных животных, обладающих надежным потенциалом генетических особенностей, присущих данной породе.

Наряду с чистопородными особями в совершенствовании животных используют генетические ресурсы (генофонд) других пород.

Порода сельскохозяйственных животных и птицы имеет сложную структуру. Основными ее единицами являются породные группы, внутripородные заводские типы, линии, семейства и др.

Породная группа – это большое число животных, находящихся на стадии становления новой породы, но еще не апробированных.

Под внутripородным типом понимают распространенную в определенной природно-хозяйственной зоне группу животных данной породы, отличающуюся от других типов той же породы характерными особенностями телосложения и продуктивностью, которые создаются и поддерживаются направленной селекцией и влиянием специфических естественных и хозяйственно-экономических условий.

Заводской тип – это группа сельскохозяйственных животных, являющаяся частью породы, созданная на племенном заводе (племхозе) и в его дочерних хозяйствах в результате длительной селекционной работы при разведении животных сочетающихся линий и кроссов. Животные заводского типа стойко передают по наследству свойственные им морфологические, физиологические, продуктивные и другие хозяйственно полезные качества и сохраняют их в условиях других племенных хозяйств.

Ведущей структурной единицей породы считается линия. Это группа животных, находящихся в некотором родстве, отличающихся от других групп данной породы определенными признаками или степенью их развития и передающих эти признаки потомству. Линия характеризуется еще и тем, что составляющие ее животные обладают определенным генофондом, который и обуславливает ее особенности в конкретных условиях содержания.

В животноводстве различают линии генеалогические, заводские, инбредные, синтетические и специализированные.

Генеалогическая линия – это потомство определенного мужского предка по отцовской стороне в нескольких генерациях. Генеалогические линии дольше сохраняются у позднеспелых животных (крупный

рогатый скот, лошади) и меньше - у скороспелых видов животных (свиньи, птицы), так как в каждой последующей генерации генетическое сходство с родоначальником в результате расщепления снижается. В племенной работе принадлежность животных к определенной генеалогической линии учитывается для того, чтобы избежать стихийного родственного спаривания.

Заводская линия – группа высокопродуктивных племенных животных, обладающих определенными качественными особенностями, происходящими от выдающегося в породе начальника, стойко наследующих тип телосложения, биологические и хозяйственно полезные свойства, которые поддерживаются и развиваются в линии целенаправленной племенной работой на протяжении 5-6 поколений, после чего они трансформируются в генетические.

В заводскую линию включают всех животных, связанных с родоначальником, который соответствует требованиям стандарта (типа) линии и задачам племенной работы с ней. Заводские линии используются для совершенствования племенных стад и выведения высокоценных племенных животных у всех видов, но наиболее эффективны для скороспелых.

Инбредная линия создается на основе тесного инбридинга в течение ряда поколений. Животные этих линий, имея высокую степень гомогенности, отличаются большей генетической схожестью индивидов, чем особи гетерогенной популяции. Кроме того, они имеют высокую однородность в отношении морфологических и физиологических признаков. Инбредные линии служат основой для получения высокопродуктивных пользовательных гибридов. При спаривании сочетающихся инбредных линий у гибридного потомства первого поколения проявляется гетерозис.

Гибридами в широком генетическом смысле называются любые гетерогенные животные независимо от их происхождения. Получение гибридов с использованием инбредных линий нашло широкое применение в птицеводстве (двойные и реципрокные гибриды).

В мясном птицеводстве и свиноводстве широко используются так называемые синтетические линии. Они создаются путем скрещивания нескольких (от двух до пяти) специально подобранных линий разных пород с последующей консолидацией помесей и отбором для использования в качестве отцовских или материнских линий.

Целенаправленная селекция в каждой породе отцовских и материнских линий приводит к созданию узкоспециализированных по отдельным признакам групп животных или специализированной линии.

Специализированной линией называется генетически обособленная

группа животных, разводимая в ряде поколений изолированно от основного массива породы и отселекционированная в определенном направлении. Животные этой линии обладают сходством по типу телосложения и высокой комбинационной способностью при спаривании со специализированными линиями другого направления продуктивности и дают высокий эффект гетерозиса.

Кросс линий – это комплекс высокопродуктивных отселекционированных линий, которые по определенной схеме скрещивания дают потомство, характеризующееся положительным гетерозисом по продуктивным признакам и жизнеспособности. Гетерогенное потомство (гибриды) используются в товарном животноводстве. Кроссы широко применяются в птицеводстве и свиноводстве.

Линии, при спаривании которых проявляется гетерозис, называются сочетающимися. Способность пород, линий и отдельных животных при их сочетании давать высокопродуктивных животных называется комбинационной способностью (КС). Она является важным звеном селекции и разведения в деле повышения продуктивности животных. В зависимости от типа взаимодействия генов различают общую или специфическую комбинационную способность.

Общая комбинационная способность (ОКС) – это способность линий или отдельного животного, чаще всего производителя, давать высокопродуктивных потомков при спаривании с самками, различающимися по генотипу. ОКС производителей выявляется в высокой продуктивности их многочисленных потомков и оценивается отклонением продуктивности потомков от средней продуктивности по популяции. Она соответствует общей племенной ценности животных и базируется на гетерогенности аддитивных и неаддитивных генных пар.

Специфическая комбинационная способность (СКС) - это способность линий или отдельных животных, чаще всего производителей, также давать высокопродуктивных потомков, но при спаривании с самками определенного генотипа. СКС устанавливается по отклонениям от аддитивного эффекта генов, обусловленным сверхдоминантностью и эпистазом. СКС соответствует специфической племенной ценности животных, ее можно определить только испытанием при проведении большого числа скрещиваний. СКС проявляется в том, что при определенной комбинации получают потомки с лучшими по сравнению со средними по всем комбинациям показателями продуктивности. СКС используется в основном в птицеводстве и свиноводстве.

Под реципрокным кроссом понимают спаривание индивидов двух

линий или пород, когда каждая из них один раз используется как материнская, а другой - как отцовская форма. В соответствии с этим полученное в результате реципрокного подбора потомство называется реципрокными гибридами.

Структурной единицей породы или стада являются также семейства. Они представляют собой высокопродуктивную группу племенных животных, главным образом маток, происходящих от выдающейся родоначальницы и сходных с ней по конституции и продуктивности.

Генеалогические структурные единицы стада образуются из животных, имеющих общее происхождение со стороны отца и матери. Одной из основных родственных групп животных, объединенных общностью происхождения с мужской стороны, является группа полусестер - дочерей одного отца. Чтобы выделить такие родственные группы в стаде, достаточно иметь сведения о происхождении животных по отцу.

Животных отдельных структурных единиц породы чаще всего разводят «в себе», что создает в каждой группе соответствующую генетическую структуру с определенным соотношением аллельных частот и генотипов. Обмен производителями из разных структурных единиц создает возможность для периодического планомерного освежения крови без нарушения генофонда породы в целом. Он может способствовать проявлению новых качеств у животного за счет взаимодействия генов по типу эпистаза, сверхдоминирования и аддитивности. Существование разнородных качественных генеалогических групп (типов, линий, семейств) обеспечивает более последовательное совершенствование породы. Для поддержания сложной структуры породы должна проводиться планомерная селекционная работа как с отдельными структурными подразделениями, так и с породой в целом.

Специализация хозяйств требует и определенного уровня специализации пород, а следовательно, изменения их структуры за счет выведения новых типов, линий и в отдельных случаях на их основе — новых пород. Создание новых или улучшение существующих пород, новых породных групп, внутривидовых и заводских типов сельскохозяйственных животных и птицы должно идти в соответствии с требованиями, предъявляемыми промышленной технологией.

Контрольные вопросы:

2. Что вы понимаете под термином генофонд.
3. Что такое порода.
4. Что такое породная группа.

5. Что такое заводской тип.
6. Что такое генеалогическая линия.
7. Что такое заводская линия.
8. Что такое инбредная линия.
9. Что называют гибридами.
10. Что называют специализированной линией.
11. Что такое линия и кросс линий.
12. Что такое семейство.
13. Что такое общая комбинационная способность (ОКС).
14. Что такое специфическая комбинационная способность (СКС).

4. МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИИ ПО УЛУЧШЕНИЮ ПОРОД ПРИ ГОМОГЕННОМ ОТБОРЕ

Цель занятия: Изучить методы селекции по улучшению пород при гомогенном отборе.

Разведение «в себе» с использованием инбридинга и аутбридинга при отборе. При чистопородном отборе спаривают животных, принадлежащих к одной породе. Важнейшей биологической особенностью чистопородных животных является стойкая передача по наследству породных качеств, закрепленных отбором и длительным однородным подбором. Они отличаются незначительной изменчивостью признаков отбора, однотипностью экстерьера и форм телосложения и характерной продуктивностью. Главная цель чистопородного отбора — сохранение и улучшение ценных качеств породы. Следовательно, этот метод наиболее уместен при работе с заводскими породами, совершенствование которых может быть успешно достигнуто без привлечения других пород.

Благодаря чистопородному разведению были созданы многие заводские породы сельскохозяйственных животных и птицы. Так, в племзаводе «Горняк» Донецкой области путем чистопородного разведения была коренным образом изменена северокавказская порода свиней. Из сальных животные стали мясосальными и мясными. При этом выход мяса в туше подсвинков со средней живой массой 100 кг повысился на 5,1% и составил 57,7%.

Чистопородные животные имеют характерную для них продуктивность, которая создается и совершенствуется при отборе «в себе».

Известно, что препотентность производителей, или способность устойчиво передавать по наследству свои хозяйственно полезные качества, сохраняется и развивается при чистопородном подборе. В этом случае не только сохраняются основные особенности пород, но и

обеспечивается наилучшая приспособляемость животных к данным природно-экологическим условиям.

Подбор «в себе» позволяет сохранить породу, а также совершенствовать ее продуктивные и племенные качества в соответствии с требованиями народного хозяйства. С этой целью разрабатываются схемы селекции животных для совершенствования породы. В настоящее время селекция ведется в направлении укрепления типа конституции и создания относительно позднеспелых животных, способных к продолжительному росту при замедленных процессах жиροотложения.

Значение подбора «в себе» в селекции исключительно велико. Лучшие отечественные породы сельскохозяйственных животных и птицы, получившие мировое признание, широко используются в качестве улучшающих на всех континентах и одновременно сами совершенствуются этим методом. Работа с породой не может ограничиться лишь специализированными племенными хозяйствами и должна вестись в достаточных масштабах. Только при наличии значительных массивов чистопородных животных, отлично отобранных по типу и продуктивности, хорошо передающих свои качества потомству, формируется необходимая структура породы, создаются предпосылки для эффективного применения любого из существующих методов селекции и наиболее совершенных методов отбора.

Практика показала, что последовательно применяемый инбридинг при чистопородном отборе на отца ведет к быстрому накоплению его наследственных качеств в потомстве, достигающему уже при двукратном повторении значительных степеней. Когда в результате отбора выявлен выдающийся производитель, решается задача его племенного использования и закрепления наследственных качеств в потомстве. Однако вначале при подборе к нему самок следует решить первую часть задачи. Первые спаривания будут еще аутбредными, и доля отцовской наследственности в первом дочернем поколении в среднем составит около $1/2$. Только после этого появляется возможность приступить к решению второй части задачи - накоплению в потомстве наследственности производителя посредством инбридинга.

Из первых дочерних поколений выбирают лучших маток желательного типа, имеющих наиболее ценную родословную с материнской стороны, и спаривают их с производителем-отцом, в результате чего получают второе (внучатое) поколение производителя, которое одновременно будет первым инбредным потомством. Этому поколению один и тот же производитель будет приходиться одновременно отцом и дедом, а доля его кровности в потомках

возрастает до $3/4$.

После повторения инбридинга на того же производителя доля его кровности во втором инбредном поколении (оно будет для него одновременно дочерним, внучатым и правнучатым) в среднем составит уже $7/8$. При третьем последовательном инбредном спаривании, что встречается в отдельных случаях в методике М. Ф. Иванова, доля кровности производителя в потомстве, на которого ведется инбридинг, становится почти полностью преобладающей - $15/16$.

С. А. Рузский (1972) отметил, что фактическое наследование потомством тех или иных признаков будет идти более сложным путем в зависимости от характера данного признака и генотипа производителя. Если по дискретно (раздельно) наследуемому признаку производитель будет гетерогенен, то этот признак унаследуется не во всех случаях и тем его накопление в инбредном потомстве снизится. При высокой препотентности производителя его наследственное влияние на потомство проявится сильнее в той мере, в какой его наследственность будет доминировать над материнской и в какой степени этому будут способствовать (или противодействовать) удачные (или неудачные) индивидуальные сочетания при отборе.

Установлено, что в овцеводстве родственное спаривание, как правило, отрицательно сказывается на воспроизводительных качествах маток, плодовитости, живой массе и настриге шерсти. Однако опыт показал, что использование топкроссных спариваний способствует созданию инбредных баранов и получению от них потомства с высокой жизнестойкостью и продуктивностью.

Следовательно, применение тесного инбридинга при чистопородном отборе приводит к быстрому возрастанию гомогенности и закреплению выдающихся качеств отдельных животных на первых этапах выведения инбредных особей. Как уже было отмечено, в результате длительного и близкого инбридинга может наступить явление инбредной депрессии.

М. Ф. Иванов в разработанной им методике выведения украинской белой породы свиней подчеркивал то обстоятельство, что в процессе этой работы удалось полностью доказать возможность и эффективность тесного инбридинга применительно к такому объекту, как свиньи с их относительно ослабленной конституцией. Потому нет причин избегать тесных родственных спариваний крупного рогатого скота. Однако в скотоводстве нельзя не учитывать того обстоятельства, что многократное повторение тесного инбридинга увеличивает вероятность ослабления конституции инбредного потомства.

Надо иметь в виду, что в скотоводстве, как и в коневодстве,

каждое племенное животное представляет собой большую ценность, поэтому применять родственное спаривание необходимо с крайней осторожностью. Инбридинг при чистопородном разведении бывает простым, когда животные получаются в результате родственного спаривания на одного, и сложным (комплексным) - на несколько предков. Положительная роль применения умеренного инбридинга П. Н. Кулешовым, а затем и Д. А. Кисловским была показана на примере выведения орловской рысистой породы лошадей. Умеренный инбридинг широко применяется и в практике животноводства. Известно, что в потомстве генетические комбинации в большинстве случаев приближаются к среднему уровню. В результате многократного повторения умеренного инбридинга достигается высокое генетическое сходство с родоначальником стад, групп и линий животных. Однако в каждом следующем поколении сходство снижается. Путем применения умеренных инбридингов это сходство можно поддерживать как при гомогенном, так и при гетерогенном подборе, иными словами, без проявления инбредной депрессии.

В связи с применением глубокозамороженной спермы и длительного ее хранения появилась возможность применять тесный инбридинг в скотоводстве и на такого быка, который уже выбыл, но его племенная ценность оказалась высокой.

Инбридинг умеренных степеней применяется в племенных хозяйствах значительно шире и представляет собой типичную форму внутрилинейного подбора. В этом случае накопление в потомстве «крови» выдающегося предка идет значительно медленнее. При умеренных степенях инбридинга трудно создать новую линию путем усиления в ней наследственности родоначальника. Однако при планомерном использовании родственного спаривания в умеренных степенях удастся поддержать тип родоначальника, иногда в течение нескольких поколений, постепенно усиливая наследственное сходство между ним и его потомством.

Применение умеренного родственного спаривания имеет следующие положительные стороны: отсутствие инбредной депрессии или крайне незначительное ее проявление, если умеренный инбридинг не повторяется в нескольких поколениях; возможность более точной оценки предков, на которых ведется инбридинг по их продуктивным и наследственным качествам (в связи с этим проектируемые родственные спаривания могут получить более надежное обоснование). Умеренный инбридинг типа $IV \times IV$ по своему действию весьма близок к отдаленному родственному спариванию. Оно практически не представляет опасности, если иметь в виду жизнеспособность

потомства. Однако эффективность накопления наследственных качеств тех отдаленных предков, которые повторяются в родословных, становится малоощутимой. Отдаленный инбридинг может встретиться в родословных животных и в товарных стадах, если в них ведут подбор «в себе» и совершенствуют заводские линии.

Высшая форма селекционной работы при отборе - разведение по линиям, которое применяется в целях дифференциации заводских типов, популяций и стад. Наиболее интенсивной формой линейного разведения являются возвратные спаривания в течение многих поколений. Схема линейного разведения специально разрабатывается для отдельных видов сельскохозяйственных животных и птицы, пород, популяций и стад. Перейти к разведению животных по линиям можно лишь в итоге длительной племенной работы со стадом и породой. Разведение по линиям - одно из важнейших мероприятий, направленных на повышение продуктивных и племенных качеств животных отдельных групп и в целом пород.

В зоотехнической литературе даются различные определения линий. Это связано с тем, что проблема разведения по линиям сложна и еще недостаточно изучена. Е. А. Богданов (1916) считал, что линию определяют не происхождения как таковые, а возможная однородность качества. Линия аккумулирует в себе все лучшее, что имеется в породе, являясь как бы микропородой.

Е. А. Арзуманян рассматривал разведение по линиям с двух сторон: хозяйственной и биологической. Хозяйственное значение разведения по линиям состоит в том, что оно позволяет наиболее рационально использовать для улучшения стада отдельных выдающихся животных и их потомков. Биологическое же значение состоит в том, что при соответствующем отборе и подборе в благоприятных условиях внешней среды надежно закрепляются наследственные качества животных.

При создании и использовании линий разных видов сельскохозяйственных животных и птицы отмечаются некоторые общие принципы. Линия формируется от генеалогической к заводской через образование родственных групп в породе при кроссе заводских и генеалогических линий, а также при скрещивании разных пород.

В скотоводстве, коневодстве и овцеводстве чаще всего ведут работу как с генеалогическими, так и с вновь созданными заводскими линиями; в свиноводстве и птицеводстве - с заводскими линиями.

Целевые задания для линии устанавливаются с учетом улучшения показателей, наиболее характерных для породы. Линии должны отличаться определенными полезными качествами, придающими им

известную самостоятельность.

Успех разведения по линиям во многом зависит от отбора и обоснованного подбора при полноценном кормлении. Сходства по желательным признакам в линии закрепляют однородным подбором, направленным выращиванием молодняка и отбором лучших, типичных для линии животных. Таким путем линия консолидируется и совершенствуется с каждым новым поколением. При создании и совершенствовании линий особое внимание уделяют отбору, выращиванию и проверке производителей. По качеству они должны превосходить родоначальника. Это в значительной мере зависит от того, насколько удачно подбирали через маток неродственных родоначальнику особей, влияние которых не ослабляло, а укрепляло наследственные особенности линии.

Постоянное совершенствование предполагает длительное использование линий, не исключая кроссов, а также консолидацию линий с использованием глубокозамороженной спермы родоначальника и выдающихся его продолжателей в степени III × I, IV × I, V × I и т. д.

Племенная работа с линиями и породой в целом - непрерывный процесс. Чтобы порода успешно совершенствовалась и приобретала новые желательные качества, избавляясь от недостатков, необходимо постоянно вести работу по созданию новых, более высокопродуктивных линий и практиковать кроссы. При межлинейных кроссах расширяется наследственная основа, увеличивается размах изменчивости и открываются широкие возможности для поиска наиболее удачных сочетаний и выявления родоначальников новых линий.

Наряду с этим в племенных хозяйствах необходимо поддерживать и совершенствовать основные линии путем внутрилинейного подбора, так как постоянные кроссы могут привести к исчезновению линий. В товарных хозяйствах, особенно тех, которые поставляют молодняк на комплексы, кроссы линий являются основным методом разведения. Они открывают возможность использования внутривидового гетерозиса при чистопородном разведении.

Одна из сложных задач при линейном разведении - получение однородного по продуктивности потомства. При этом немаловажное значение имеет родственное спаривание. Однако в процессе создания заводских линий нет необходимости прибегать к тесному инбридингу, так как подбор животных высоких племенных качеств, сходных по типу и продуктивности, хотя и не родственных между собой по силе наследственного закрепления желательных признаков, не уступает инбридингу, но исключает его недостатки.

У позднеспелых видов сельскохозяйственных животных – овец,

лошадей – использование линий при совершенствовании пород идет примерно по такому же принципу, как у крупного рогатого скота.

В птицеводстве и свиноводстве традиционные методы селекционной работы применяют, главным образом, в племенных стадах с использованием генеалогических и заводских линий, а основным направлением в селекционной работе стало выведение сочетающихся специализированных линий и кроссов для получения высокопродуктивных гибридных птиц и свиней. Разведением инбредных линий создаются генетически разобщающиеся группы в породах; при скрещивании их получают эффект гетерозиса и направляют его на получение однородных по фенотипическим показателям гибридов, обладающих высокой продуктивностью.

Контрольные вопросы:

1. Цель чистопородного разведения.
2. Племенная работа с линиями.
3. Задачи линейного разведения.
4. Племенная работа с породой.
5. Преимущества умеренного родственного спаривания.
6. Разведение по линиям в животноводстве.

5. МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИИ ПО СОЗДАНИЮ НОВЫХ ПОРОД ПРИ ГЕТЕРОГЕННОМ ОТБОРЕ

Цель занятия: изучить методы скрещивания и гибридизации сельскохозяйственных животных и птицы, освоить технику составления схем различных видов скрещивания и гибридизации, расчета долей кровности приплода, определения по родословным степени влияния (в долях крови) на пробанда отдельных предков.

За последнее время в нашей стране создано более 20 пород сельскохозяйственных животных. На процесс пороодообразования значительное влияние оказывают природно-климатические условия. Однако следует учитывать, что в нашей стране имеются большие зоны, неблагоприятные для разведения существующих отечественных и импортных пород животных. В связи с этим возникает необходимость создания новых пород, сочетающих высокую продуктивность и хорошую приспособленность к разным природно-климатическим условиям.

На протяжении всей истории селекции основным методом выведения пород было скрещивание. Оно позволяло мобилизовать резервы наследственной изменчивости пород. Если отбирают животных из генетически разных популяций, чаще всего пород, то такое

скрещивание называют межпородным скрещиванием. С генетической точки зрения скрещивание представляет собой отбор особей, которые различаются между собой по одному или более признакам. В соответствии с этим рассматривают многогибридные и полигибридные скрещивания. Приплод, полученный от скрещивания, называют гибридами и обозначают: F_1 – гибриды I поколения; F_2 – гибриды II поколения; F_3 – гибриды III поколения; F_4 – гибриды IV поколения; V поколение – F_5 – считается чистопородным. Помесям присущи биологические особенности, в значительной мере противоположные тем, которыми отличаются чистопородные, линейные и инбредные, то есть полученные путем однородного отбора животных. Основные из этих особенностей следующие:

- коренное изменение породных и продуктивных качеств животных, передача признаков, унаследованных помесями, следующим поколениям;

- нарушение наследственной устойчивости исходных пород, снижение препотентности животных вследствие разнообразного подбора; помеси I поколения слабо передают свой тип, вследствие чего потомки, полученные при разведении «в себе», в значительной мере отличаются как от родителей, так и друг от друга;

- биологическое обогащение помесных организмов, так как гетерогенность помесей обуславливает их лучшую жизнеспособность в результате гетерозиса; гетерозис обычно наблюдается у помесей I поколения и при известном сочетании пород.

Несмотря на давнее использование скрещивания для выведения пород, до сих пор не разработано единой и достаточно точной теории, полностью раскрывающей биологическое явление гетерозиса.

Ч. Дарвин причину этого видел в несходстве половых клеток мужского и женского организмов, обусловленном различием происхождения и ассимиляцией разных условий жизни в предшествующих поколениях. Следовательно, гетерозис возникает на основе неразрывного единства генетического несходства спариваемых отобранных родительских форм и биологического несходства, выработанного под влиянием среды.

С развитием генетики в XX в. были предприняты попытки создать новые гипотезы для объяснения гетерозиса и его причин, основу которых составляли хромосомная теория наследственности и представление о генной обусловленности эффекта гетерозиса.

Несмотря на то, что каждая из гипотез подкрепляется теоретическими и экспериментальными данными, как отмечалось, единого мнения ученых о генетической природе гетерозиса нет. Общее

же заключение сводится к тому, что при близкой фенотипической картине гетерозиса вызывающие его генетические механизмы различны. В зависимости от качества исходных животных и дели работы в практике животноводства применяют несколько методов создания новых пород. Основные из них следующие: улучшение местного скота «в себе», поглотительное (преобразовательное) и заводское (воспроизводительное) скрещивание и гибридизация.

Метод улучшения местного скота «в себе». Этот метод основан на длительном отборе и подборе, направленном выращивании молодняка в улучшенных условиях кормления и содержания.

Работу начинают с выделения лучших отродий и гнезд, а также отдельных животных, которые ближе подходят к стандарту будущей породы. Далее из них формируют племенные стада. Животным создают такие условия кормления и содержания, которые способствуют развитию продуктивности и типа в желательном направлении.

Неотъемлемым условием является создание генеалогической структуры породы.

На основе улучшения аборигенного скота выведены шортгорнская, герефордская, галловейская, кианская, лимузинская, холмогорская, ярославская породы скота.

Поглотительное (преобразовательное) скрещивание. Данный метод скрещивания применяется, если необходимы коренная переделка малопродуктивной местной породы и преобразование ее в заводскую. При поглотительном скрещивании используют две породы: местную – улучшаемую и заводскую – улучшающую (сохраняющую свое название). Преобразование местных пород животных в заводскую породу осуществляется путем многократного и последовательного спаривания вначале местных маток с производителями улучшающей породы и затем получаемых помесей каждого поколения вновь с чистопородными производителями той же улучшающей породы.

По мере увеличения кровности помеси приобретают физиологические и морфологические особенности улучшающей породы. При использовании в качестве улучшающей породы с устойчивой наследственностью уже среди помесей I поколения можно выделить немало животных, в большей степени унаследовавших признаки улучшающей породы. Во II генерации число животных, сходных по типу с улучшающей породой, составляет значительный процент, хотя это зависит и от того, насколько стойко некоторые признаки аборигенных животных сохраняются в потомстве. В III поколении в условиях хорошего кормления средняя продуктивность помесей обычно близка или практически совпадает с аналогичными

показателями улучшающей породы. В результате поглотительного скрещивания признаки местных животных постепенно заменяются более ценными качествами улучшающей породы, и в IV поколении обычно помеси приобретают большое сходство с чистопородными животными. Если они по типу телосложения и уровню продуктивности отвечают стандарту улучшающей породы, то помеси V поколения относят к чистопородным.

При поглотительном скрещивании происходят сложные процессы расщепления и взаимодействия наследственных факторов. Помесный потомок является качественно новым индивидуумом, сочетающим в себе свойства обеих пород. Однако соотношение участвующих в скрещивании пород у помесей одного поколения может быть различным. Одни больше наследуют признаки отца, другие - матери. Поэтому степень поглотительного скрещивания указывает на возможность получения помесей с той или иной долей наследственности животных, избранных для спаривания. Новые свойства, приобретенные потомками при поглотительном скрещивании, являются результатом взаимодействия наследственности животных двух пород, закрепления и усиления их путем целеустремленного отбора.

Помеси, с одной стороны, и в высоких генерациях продолжают сохранять долю наследственных качеств местных животных, с другой стороны, у них в новых для улучшающей породы условиях вырабатываются приспособительные свойства, накладывающие определенный отпечаток на конституцию животных. Эти биологические особенности, частично сохранившиеся от местного скота и приобретенные вновь в течение ряда поколений, исключительно важны, особенно в тех зонах, где затруднено или невозможно разведение чистопородных животных.

Поглотительное скрещивание широко применяется в нашей стране. Так, во многих зонах европейской части РФ, Сибири значительно повысились молочная продуктивность и живая масса местного скота при скрещивании его с животными симментальской, остфризской, швицкой, красной степной, герефордской, шортгорнской и других пород.

Почти все отечественные породы свиней получены на основе поглотительного скрещивания заводских пород с местными, хорошо приспособленными к конкретной экологической зоне животными.

За послевоенные годы в стране методом поглотительного скрещивания были преобразованы в тонкорунные и полутонкорунные большие массивы грубошерстных овец.

Во всех случаях, когда акклиматизация улучшающей породы идет успешно, основным методом дальнейшего повышения породности животных остается поглотительное скрещивание. По мере совершенствования животных желательного типа переходят к разведению их «в себе».

Осуществляя поглотительное скрещивание, не следует стремиться к полному вытеснению у помесей признаков и свойств улучшаемой (чаще всего аборигенной) породы, таких, как неприхотливость, выносливость, приспособленность к специфическим местным условиям и др. Успех поглотительного скрещивания зависит также от интенсивности и направления отбора животных желательного типа. Схема поглотительного скрещивания имеет вид

$$\frac{\frac{\frac{A+B}{2} + B}{2} + B}{2} \text{ и т.д.}$$

Кровность, выраженная в долях крови породы Б, будет:

у помесей первого поколения – $\frac{1}{2}$;

у помесей второго поколения – $(\frac{1}{2} + 1)/2 = \frac{3}{4}$;

у помесей третьего поколения – $(\frac{3}{4} + 1)/2 = \frac{7}{8}$ и т.д.

Поглотительное скрещивание ведется обычно до получения помесей четвертого-пятого поколений. Животных пятого поколения с кровностью $\frac{31}{32}$ (по улучшающей породе) считают чистопородными.

Заводское (воспроизводительное) скрещивание. Этот метод применяют для выведения новой породы из двух или нескольких пород. В зависимости от числа участвующих пород при скрещивании различают простое воспроизводительное скрещивание (две породы) и сложное (три и более). Для скрещивания отбирают породы как мало, так и сильно различающиеся между собой. Чем больше сходство между породами, тем быстрее достигается желаемый результат, и наоборот.

Необходимость в заводском скрещивании возникает в тех случаях, когда разводимая в зоне порода не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к ней, а имеющиеся заводские породы, отвечающие желательному стандарту по хозяйственным качествам, плохо приспособлены к местным условиям.

Суть заводского скрещивания заключается в совмещении ценных признаков исходных пород в новой. Вместе с тем в породе развиваются и другие желательные качества.

Воспроизводительное скрещивание условно можно разделить на

следующие этапы: селекционный поиск или создание животных желательного типа; закрепление желательного типа в потомстве путем применения родственного спаривания; разведение помесей «в себе»; создание структуры породы (закладка неродственных линий и семейств); представление породы к апробации; обоснование зоны его разведения.

Теоретические основы заводского скрещивания по выведению пород разработаны селекционером М. Ф. Ивановым. Согласно его методике, для применения воспроизводительного скрещивания необходимо ясно определить цель - качество будущей новой породы, ее стандарт; умело выбрать породы (как правило, одна из исходных пород должна быть распространена в данной зоне и хорошо в ней акклиматизирована); в пределах избранных пород отобрать нужное число ценных маток и производителей; последующие поколения помесей также разводить «в себе»; в новой породной группе заложить и создать неродственные между собой линии и семейства (не менее 5-7); на протяжении всего периода формирования породы создавать хорошие условия кормления и содержания животных.

Процесс создания пород методом заводского скрещивания можно разделить на два этапа. На первом этапе получают животных, приближающихся к намеченному типу путем серии скрещиваний между собой двух или нескольких пород. Как правило, для этого требуются неоднократные скрещивания, с одной стороны, потому что полукровки неустойчиво передают приобретенные ими особенности потомству и наследственное закрепление их представило большие трудности; с другой стороны, однократное скрещивание недостаточно для того, чтобы помесные животные приобрели необходимое качество. Поэтому скрещивание повторяют либо с той же улучшающей породой для повышения кровности потомства и придания ему таким путем нужных свойств, либо в поисках нужного типа привлекают третью и четвертую породы и получают животных с желательными признаками при более сложных сочетаниях пород.

Не всегда можно точно определить завершение первого этапа работы по созданию породы. Можно лишь констатировать, что помесные животные обладают кровностью $3/4$ по улучшающей породе. Однако среди помесей III, IV и даже I поколения имеются животные, которые отвечают желательному типу.

На втором этапе заводского скрещивания ставится цель закрепления и дальнейшего совершенствования желательного типа. Этого достигают посредством разведения помесей «в себе» в ряде поколений и перехода от крайней формы разнопородного подбора к

возможно более однородному среди той части помесей, которая по своим качествам наиболее близка к намеченному типу. Наряду с этим временно сохраняется и относительно разнородный подбор с целью поглощения желательным типом различных нежелательных, но не слишком резких отклонений. Одновременно бракуют животных, не отвечающих требованиям новой породы.

Селекционная работа по выведению породы и закладке заводских линий осуществляется, как правило, в племенных хозяйствах, где возможно применение инбридинга. Основной его целью в этом случае является получение производителей, надежно передающих потомству желательные качества. Инбридинг разных степеней используется при внутрилинейном подборе для сохранения типа родоначальника и накопления в потомстве его ценных качеств. Наличие производителей высокого качества позволяет еще на первых этапах скрещивания приступить к закладке заводских линий и формированию ценных родственных групп, которые затем послужат основным ядром будущей новой породы.

Для утверждения новой породы необходимы достаточная ее численность, высокая продуктивность, однородность по продуктивности и по типу, устойчивая передача своих признаков потомству.

Практика показывает, что все современные заводские породы животных были созданы путем поглотительного или воспроизводительного скрещивания. Путем, например, воспроизводительного скрещивания, были созданы такие заводские породы, как костромская, лебединская, курганская (крупный рогатый скот); кавказская, ставропольская, алтайская, северокавказская мясошерстная, волгоградская тонкорунная, русская длинношерстная (овцы); северокавказская, ливенская, брейтовская, кемеровская (свины); русская рысистая, буденновская, терская (лошади).

Примером применения простого воспроизводительного скрещивания может быть создание отечественной казахской белоголовой породы мясного скота. Для выведения этой породы в качестве исходной взяли местную познеспелую казахскую скотигерефордскую породу, которая обладает высокой мясной продуктивностью и скороспелостью, но трудно акклиматизируется.

Путем сложного заводского скрещивания в Англии выведена новая мясная порода крупного рогатого скота - бифбилд. В ее создании участвовали породы шортгорнская, абердин ангусская и линкольнская. В Канаде на основе сложного трехпородного скрещивания (герефордских коров с голштинскими быками, а затем помесных телок с

быками швицкой породы) создали мясную породу конвертер. В Германии путем заводского скрещивания голштинов (50%) с черно-пестрой (25%) и джерсейской (25%) породами создана новая порода, названная черно-пестрой жирномолочной. Животные этой породы с успехом используются в промышленных комплексах, они дают по 4,0-4,5 тыс. кг молока за лактацию жирностью 4,3%.

Учитывая биологические особенности и хозяйственно полезные качества отечественных и импортных пород свиней, в нашей стране ведутся работы по созданию высокопродуктивных типов животных мясного направления на основе сложного воспроизводительного скрещивания. Так, Б. В. Баньковский, Ф. К. Почерняев, Н. Н. Серeda (1979) создают группу мясных свиней полтавской селекции с параметрами: плодовитость маток - 11-12 поросят на опорос; молочность - 75-80 кг; выход мяса при достижении массы 100 кг - 60-62%, площадь «мышечного глазка» - 32-35 см²; возраст достижения массы 100 кг - 180-190 сут.; затраты кормов на 1 кг прироста - до 4 корм. ед. Создается новая группа мясных животных по трем основным схемам.

Первая схема предусматривает получение помесей (миргородская порода × пьетрен) с последующим скрещиванием их с хряками породы ландрас.

По второй схеме получают трехпородные помеси (миргородская × ландрас × пьетрен) и разводят их «в себе», а также скрещивают свиноматок этого сочетания с трехпородными хряками (миргородская × уэссекс-сэдлбен × ландрас).

Третьей схемой предусматривается использование маток крупной белой породы в скрещиваниях с хряками пьетрен и ландрас. Для обогащения генетической структуры полученных помесей дополнительно участвовали помесные хряки миргородская × уэссекс × пьетрен и миргородская × пьетрен × крупная белая, а также помесные матки сочетания крупная белая × ландрас. Эти сочетания пород являются основными при дальнейшем совершенствовании животных желательного типа и создании группы модельных животных.

В овцеводстве, несмотря на большое число разводимых пород и их значительную разнокачественность, процесс пороодообразования на основе заводского скрещивания продолжается и в настоящее время. В последние годы стали довольно широко использовать такие плодовитые породы, как романовская и финский ландрас, которые обладают полиэстричностью и ранним наступлением половой зрелости.

Пороодообразовательный процесс стимулирует продвижение овцеводства в новые районы, стремление улучшить определенные

качества у существующих пород и, наконец, выведение породы с новым сочетанием продуктивных качеств. При продвижении овцеводства в новые районы существующие породы зачастую оказываются малопригодными для чистопородного разведения из-за их неприспособленности к местным природным и хозяйственным условиям. В то же время в этих районах, как правило, имеются хорошо приспособленные местные овцы. Скрещивание их с породами нового направления с сохранением при дальнейшей селекции лучших качеств овец местной материнской породы приведет к созданию новой породы, породной группы или породного типа, хорошо приспособленных к условиям осваиваемого района. Этот путь более быстрый и экономичный, чем интродукция чистопородных стад, так как в процессе скрещивания, еще до выведения породы, от помесей получают продукцию нужного качества. Примером породообразования в связи с продвижением овцеводства в новые районы могут служить породы русская длинношерстная, северо-кавказский меринос, волгоградская тонкорунная, горный корридель, тонкорунные породы Болгарии, выведенные для разных зон страны.

Породообразование в овцеводстве в основном осуществляется путем заводского скрещивания. Из 45 новых пород, породных групп и типов овец, имеющих описание генезиса, 93,4% выведены методом воспроизводительного скрещивания и только две породы и одна породная группа, или 6,6% - методом внутривидовой селекции. Чаще всего при выведении новой породы используется сложное воспроизводительное скрещивание, что можно объяснить стремлением объединить в одной (новой) породе ценные качества ряда пород. Из 42 пород, созданных методом воспроизводительного скрещивания, 15, или 25,7%, выведены с использованием двух пород, а 27 пород, или 64,3% - с использованием трех пород и более, в том числе с использованием трех - 10, или 23,8%, четырех - 12, или 28,5%, и пяти и более - 5, или 12,0%.

Двухпородное воспроизводительное скрещивание применяется для выведения пород в типе улучшающей породы отца. Скрещивание используют до получения II поколения с сохранением у животных лучших качеств исходной материнской породы при последующей селекции помесей. Описанным способом выведены русская длинношерстная порода и острогожская типа ромнимарш.

При выведении новой породы, занимающей по показателям промежуточное положение между двумя исходными породами, или породы с отдельными улучшенными признаками, но сохраняющей в значительной степени свой тип и характер продуктивности,

воспроизводительное скрещивание основывается на помесях первого поколения (породы улучшенный борден-лейстер, дормер, купворс и ряд других).

Однако, как отмечалось, чаще применяют более сложные схемы выведения новых пород с использованием трех исходных форм и более. Эволюция методов создания новых пород от двухпородного к многопородному воспроизводительному скрещиванию с получением животных со сложно гетерогенным строением генотипа обусловлена развитием теоретических исследований по генетике.

Получению и использованию сложных помесей, несомненно, способствовало утверждение теории полигенного наследования количественных признаков, согласно которой при разведении помесей не следует ожидать сколько-нибудь значительного расщепления по основным признакам продуктивности, а тем более выщепление признаков исходных форм.

Однако, как показал Д. А. Кисловский, поддержание гетерогенности в породе необходимо для ее совершенствования, а богатый опыт выведения пород свидетельствует о возможности успешной закладки линий на выдающихся помесных производителях (волгоградская тонкорунная порода, русская длинношерстная и др.).

Целесообразность многопородного или сложного воспроизводительного скрещивания обуславливается тем, что в условиях возрастающей интенсификации сельского хозяйства требования к новым породам меняются, меньшее распространение получают узкоспециализированные породы. В большинстве стран в условиях интенсивного овцеводства основные селекционируемые признаки при создании новых пород распределяются в такой последовательности по экономической значимости: воспроизводительные качества (оплодотворяемость, плодовитость, способность выращивать ягнят, молочность, полиэстричность, раннее половое созревание, рост, скороспелость, прирост за счет увеличения массы съедобной части туши), шерстная продуктивность, качество шерсти, продолжительность жизни, ягнение без осложнений, резистентность к болезням, хорошая адаптационная способность, оплата корма, приспособленность к пастбищному содержанию или к условиям промышленной технологии.

При создании пород и породных групп в овцеводстве вырабатывают подробные требования к ним и определяют исходные породы для первого кросса. Программу дальнейшего подбора, очередность и степень использования пород при сложном воспроизводительном скрещивании, как правило, устанавливают путем

оценки помесей разных вариантов скрещивания. Например, при создании волгоградской тонкорунной породы местных курдючных овец для сохранения крупных размеров скрещивали с баранами мясного мериноса типа сауссоне. Однако шерстные качества этих помесей не удовлетворяли поставленным требованиям, и для их улучшения использовали кавказскую тонкорунную и грозненскую породу.

Определенный теоретический и практический интерес представляет также выведение многоплодных овец дэмлайн. Кровность этих овец по исходным породам составляет: по финскому ландрасу – 47%; восточной фризской – 24%; бордонлейстер – 17%; дорсет-хорн – 12%. Особенностью выведения этих овец было использование для скрещивания наиболее плодовитых пород, накопление в генотипах помесей наследственности, обуславливающей плодовитость. При этом для последнего кросса была использована самая плодовитая из исходных пород – финский ландрас.

Схемы воспроизводительного скрещивания весьма разнообразны, но долю участия отдельных пород у сложных помесей при известном их происхождении всегда можно рассчитать. При простом воспроизводительном скрещивании используют две породы, а при сложном три породы и более. В зависимости от цели скрещивания и качества получаемых помесных животных переходят к разведению «в себе» тех из них, которые в наибольшей степени соответствуют желательному типу. Это могут быть помеси $3/4$, $5/8$ и $3/8$ -кровности.

Межпородное скрещивание (гибридизация). Гибридизация – это скрещивание животных разных видов для получения пользовательных животных и создания новых пород. По высказыванию Н. В. Цицина, отдаленная гибридизация позволяет сочетать ценные свойства и признаки, далеко разобщенные в ходе многовековой эволюции, и создать огромное, ни с каким другим скрещиванием несравнимое, новое разнообразие гибридных потомков, представляющее собой колоссальный материал для применения искусственного отбора.

В нашей стране работы по гибридизации животных были начаты М. Ф. Ивановым в Аскании-Нова (скрещивание муфлонов с мериносами). Им были разработаны основные положения методики выведения новых пород с применением межвидовой гибридизации сельскохозяйственных и диких животных. Этот прием обогащает генотип домашних животных генными комплексами, связанными с развитием признаков, утерянных или резко ослабленных в процессе одомашнивания и искусственного отбора. Гибриды обладают более высокой продуктивностью и устойчивее к неблагоприятным факторам внешней среды. Следовательно, гибридизация позволяет дополнительно

вовлекать в сферу материального использования ценные дикие и полудикие виды животных. Однако имеются трудности широкого использования гибридизации при создании пород из-за двух основных причин: нескрещиваемости отдаленных видов животных между собой и частичной или полной бесплодности гибридов (обоих или одного пола) I поколения. Это объясняется различным набором и структурой хромосом в гаметах, нарушением мейоза и образования гамет. Спермии не могут лизировать оболочку яйцеклетки и проникнуть в нее.

Однако, несмотря на трудности скрещивания, к настоящему времени удалось создать значительное число пород и гибридных групп животных путем отдаленной гибридизации. При этом для зон с экстремальными природно-климатическими условиями важно получить такие формы животных, в которых сочетаются признаки домашних и диких животных.

Большое практическое значение имеют работы по гибридизации молочных и мясных пород крупного рогатого скота с зебу. Таким путем получены популяции животных, невосприимчивых к кровепаразитарным заболеваниям. Этих животных с успехом можно разводить во многих зонах нашей страны, где культурные породы крупного рогатого скота заражаются пироплазмозом и нередко гибнут от этой болезни. От гибридных первотелок красной степной породы с зебу получили за лактацию 2,5 тыс. кг молока жирностью 4,8-5,0%. В дальнейшем гибридам приливали кровь шортгорнов, что значительно улучшило мясные формы, способствовало повышению откормочных и убойных качеств. Гибриды II поколения, полученные от обратного скрещивания (1/4 крови зебу) дали 3,0 тыс. кг молока с содержанием МДЖ 4,0-4,2%. Кроме того, при испытании на акклиматизационные способности было констатировано, что они в достаточной степени сохранили приобретенный от зебу иммунитет к кровепаразитарным заболеваниям.

В экспериментальном хозяйстве Главного ботанического сада АН РФ «Снегири» в Московской области создано высокопродуктивное стадо молочного скота путем скрещивания зебу × черно-пестрой × айрширской пород и зебу × черно-пестрой × джерзейской. Трехпородные гибриды имеют надой 4,9 тыс кг при содержании МДЖ в молоке 4,5%. Надой лучших гибридных коров составил 5-7 тыс. кг молока жирностью 4,3-4,7% и белковостью 3,7-4,3%.

В результате скрещивания зебу индийского происхождения с мясным скотом в ряде стран выведены следующие породы мясного скота: санта-гертруда, брангус, брафорд, филанис, санпауло, бифмастер, чарбрей.

Например, одна из лучших мясных пород – санта-гертруда – была выведена путем гибридизации зебу породы браман с шортгорнским скотом (доля крови шортгорнов - $5/8$, зебу - $3/8$); порода брангус выведена путем гибридизации зебу ($3/8$) с абердин-ангуссами ($5/8$). В результате гибридизации зебу ($1/2$) с герефордами ($1/4$) и частично шортгорнами ($1/4$) получена порода бифмастер, а при скрещивании зебу с шароле - чарбрей. Гибридизацией бизона с мясными породами скота в США получен скот кэтало, хорошо использующий круглый год пастбищный корм.

Особо ценная порода мясного скота бифало была создана в США путем гибридизации на первом этапе буйвола с голштинскими коровами, а затем - спаривания гибридных самцов с коровами мясных пород. Гибриды имеют $3/8$ крови бизона и $5/8$ крови крупного рогатого скота ($3/8$ шаром и $1/4$ герефорда), быстро растут и к годовалому возрасту достигают живой массы 500 кг при использовании только пастбища. При скармливании овса (4,5 кг) и сена вволю прирост бифало достигает 2 кг в сутки. Гибриды очень нетребовательны к виду корма и могут поедать полынь, кактусы, рисовую солому и прекрасно откармливаются на пастбище.

В свиноводстве также применяется гибридизация для увеличения массы животных, улучшения качества мяса, повышения крепости конституции и долголетия, а также резистентности свиней, предназначенных для интенсивной эксплуатации на промышленных комплексах.

Успешную гибридизацию домашних свиней с дикими проводили многие ученые в нашей стране и за рубежом. Так, П. Е. Ладан использовал европейских кабанов при создании северокавказской породы, М. Симон, И. Скорик и другие - при выведении сибирской северной породы.

Для создания конституционально крепких животных, способных в условиях жаркого климата давать высокую продуктивность, Г. К. Гаджиев, К. Я. Юсупов и А. Айгунов скрещивали три породы - крупную белую, северокавказскую, пьетрен - с диким кабаном. Вначале маток крупной белой породы скрестили с диким кабаном, а для получения гибридов II и III поколений лучших свинок осеменяли хряками северокавказской породы. Для повышения мясности к полукровным помесям по северокавказской породе прилили кровь породы пьетрен. Животных IV поколения начали разводить «в себе», а для закрепления положительных качеств (высокая мясность и крепость конституции) использовали близкородственное спаривание. Скороспелость, откормочные и мясные качества гибридов незначительно отличались от

этих качеств чистопородного молодняка северокавказской породы.

Использование диких животных для создания новых форм овец и по методике М. Ф. Иванова также получило широкое распространение. Используя отдаленную гибридизацию, он создал новую породу овец - асканийский меринос. При выведении породы тонкорунных овец скрещивали с муфлоном. Среди гибридов I поколения были животные, сходные по экстерьеру и темпераменту с муфлоном, а по качеству шерсти - с мериносом. Но настриги шерсти были незначительны. При дальнейшем спаривании гибридных баранов получено потомство с мериносовыми шерстными качествами.

В Казахстане путем скрещивания тонкорунных овец пород прекос с диким бараном архаром создана тонкорунная порода овец - казахский архаромеринос. Архаромериносы сочетают качества горного барана архара и мериносовых овец, хорошо используют высокогорные пастбища, обладают хорошей плодовитостью.

Путем гибридизации каракульских овец с горным бараном выведена группа серых каракульских овец. По качеству каракуля гибриды не отличаются от чистопородных животных, но значительно превосходят их по жизнеспособности.

В коневодстве путем скрещивания кобылы с ослом получены мулы. Возможно и обратное скрещивание - ослицы с жеребцом, от которого получают лошаков, значительно уступающих по величине и силе мулу. Кроме того, в последнее время получают лошадей от скрещивания: домашняя лошадь × лошадь Пржевальского, домашняя лошадь × джигитай и др.

Успех гибридизации во многом зависит от степени биологического сходства (и филогенетического родства) животных, взятых для гибридизации видов. Представители близких между собой в систематическом отношении легко спариваются и дают плодовитых гибридов (например, крупный рогатый скот и зебу). Более отдаленная гибридизация связана с целым рядом трудностей и сопровождается полным или частичным бесплодием гибридов (мулы, гибриды крупного рогатого скота и яков и т.п.).

Гибридизация может применяться:

- для получения пользовательных животных по принципу простого промышленного скрещивания (мулопроизводство и т.п.).
- для выведения по типу воспроизводительного или вводного скрещивания новых пород животных (если рождаются плодовитые гибриды), сочетающих в себе ценные свойства особей исходных видов, приспособленных к специфическим условиям отдельных климатических зон и обладающих новыми полезными качествами

(горный архаро-меринос, порода крупного рогатого скота санта-гертруда и др.).

При анализе происхождения помесей (гибридов) удобно использовать методику вычисления долей «крови». Под долями «крови» помесей понимают вероятную долю наследственности тех пород, которые использовались при скрещивании. Доли «крови» определяют путем сложения долей «крови» отца и матери потомка и деления полученной суммы пополам.

Кровность чистопородных животных обозначают единицей, а помесей – дробным числом. Например, скрещивание маток породы А с производителями породы Б, получим, что помесь первого поколения будет иметь наследственность

$$\frac{A + B}{2} = 1/2 (A) + 1/2 (B)$$

помеси второго поколения будут иметь кровность:

$$\frac{(1/2 A + 1/2 B) + A}{2} = 1/4 A + 1/4 B + 1/2 A = 3/4 A + 1/4 B$$

Существенный интерес при проведении племенной работы представляет также определение влияния отдельного предка на пробанда, которое может быть вычислено с помощью его родословной, позволяющей легко узнать долю участия этого предка при получении данного потомка. В этом случае по аналогии с вычислением долей крови по породам наследственную ценность интересующего нас предка принимают за единицу. Степень его влияния на пробанда с удалением на каждое поколение уменьшается вдвое. В случае же использования инбридинга различных степеней оно снижается медленнее или даже может возрастать.

Задание 1. Составить схему поглотительного скрещивания грубошерстных овец с овцами тонкорунных пород при условии разведения «в себе» помесей пятого поколения, рассчитать доли крови приплода.

Задание 2. Составить схему трехпородного переменного скрещивания и рассчитать доли крови для помесей шестого поколения по всем трем породам.

Задание 3. Составить схему гибридизации, применявшуюся при создании овец породы казахский меринос:

1) тонкорунные матки осеменялись спермой специально убитого дикого барана архара;

2) гибридные архаромериносовые бараны F_1 спаривались с тонкорунными мериносовыми матками;

3) полученные гибридные бараны F_2 вновь спаривались с

тонкорунными матками;

4) гибридные матки F_3 спаривались с гибридными баранами F_2 , а полученное потомство разводилось «в себе».

Задание 4. Рассчитать кровность потомства

Контрольные вопросы:

1. Принципы улучшения местного скота «в себе».
2. Принципы поглотительного (преобразовательного) скрещивания.
3. Заводское (воспроизводительное) скрещивание.
4. Назовите два этапа создания пород методом заводского скрещивания.
5. Методика М.Ф. Иванова по выведению новых пород, для применения воспроизводительного скрещивания.
6. Этапы закладки заводских линий.
7. Требования для утверждения новой породы.
8. Какие породы животных были выведены путем поглотительного скрещивания.
9. Какие породы животных были выведены путем заводского (воспроизводительного) скрещивания.
10. Сущность породообразовательного процесса.
11. Межпородное скрещивание (гибридизация).

5.1. Методы селекции по сохранению пород при гетерогенном отборе

Цель занятия: Изучить методы селекции по сохранению пород при гетерогенном отборе.

Сохранение заводских пород является первым этапом улучшения продуктивных и племенных качеств сельскохозяйственных животных и птицы. Второй этап - сохранение и дальнейшее улучшение созданных и разводимых пород в различных природно-климатических зонах. К основным методам сохранения и улучшения племенных качеств относят чистопородное разведение, вводное скрещивание, использование генофонда пород и способ трансплантации зигот.

Чистопородное разведение. При чистопородном разведении улучшают важные хозяйственно полезные признаки. По существу, все племенные хозяйства применяют чистопородное разведение для сохранения и дальнейшего улучшения племенных и продуктивных качеств уже созданных пород. Путем чистопородного разведения была повышена продуктивность, по существу, всех заводских пород и особенно голштинской, ангельской, черно-пестрой, симментальской

(крупный рогатый скот), мериносовых пород овец, крупной белой, брейтовской пород свиней, кур леггорн, корниш и белый плимутрок.

Так, при чистопородном разведении ангельской породы с 1910 по 1978 г. надой повысился на 53%, содержание МДЖ в молоке - более чем на 70%. Однако чистопородное разведение требует длительной селекции, поэтому в случаях, когда необходимо быстро усилить или придать породе новые качества, сохранив ее основные хозяйственно-биологические особенности, применяют вводное скрещивание.

Вводное скрещивание (прилитие крови). Этот метод применяют для улучшения имеющейся достаточно ценной породы по некоторым (иногда лишь по одному) важным признакам при сохранении главных достоинств и типа улучшаемой породы. Вводное скрещивание позволяет на протяжении 2-3 поколений усилить или придать улучшаемой породе нужные качества. Следовательно, во вводном скрещивании участвуют две породы - обе заводские, и применяется оно в основном в племенных хозяйствах. Улучшающая или улучшаемая породы не должны значительно различаться по типу, но они должны иметь различия в уровне продуктивности. Эти требования необходимо выполнять, так как иначе вместе с приобретением желательных качеств могут быть утеряны ценные признаки, имеющиеся в улучшаемой (местной) породе, и ее породный тип.

Вначале скрещивают маток местной породы с производителями улучшающей породы. У помесей I поколения в результате этого однократного прилития крови удастся заметно усилить требуемое качество (на уровне промежуточного наследования), но при этом в той же степени изменяются другие признаки и тип улучшаемой породы. Полукровок по породности относят к улучшаемой породе, но для этого долю ее крови у помесей необходимо увеличить. Это достигается путем обычно двукратного, иногда трехкратного скрещивания помесей с производителями улучшаемой (материнской) породы. В результате доля крови улучшаемой породы возрастает до $7/8$, $15/16$, и соответственно восстанавливает ее основные породные свойства. В дальнейшем помеси, имеющие преобладающую долю наследственности местной породы, но сохранившие $1/8$ - $1/16$ крови улучшающей породы, разводят «в себе».

В результате возвратных скрещиваний с производителями улучшаемой породы III и IV поколения помеси по общему типу уже существенно не отличаются от материнской породы. Порода при этом со всеми основными признаками сохраняется, но качество ее улучшается.

В последнее время для улучшения черно-пестрой породы методом

вводного скрещивания во всех странах мира используют голштинскую породу скота.

При вводном скрещивании черно-пестрой породы с голштинской, как правило, увеличиваются надои - главный селекционируемый признак. Кроме того, как показали результаты исследований, общее производство жира и белка возросло, улучшилась форма вымени и увеличилась скорость доения. Однако при этом несколько снизились жирность молока и мясные качества помесного молодняка. Следовательно, использование генетического потенциала голштинской породы служит большим резервом улучшения путем вводного скрещивания племенных и продуктивных качеств родственных пород.

У некоторых западноевропейских молочных пород методом вводного скрещивания были улучшены их мясные качества путем прилития крови мясных пород, главным образом шортгорнов. Породы лошадей верхового типа улучшались при скрещивании их с английской чистокровной породой. Путем вводного скрещивания был увеличен рост у лошадей многих пород, живая масса крупного рогатого скота – холмогорской и тагильской (с черно-пестрой), красной степной и калмыцкой (с шортгорнами) и других пород.

В заводской работе можно также использовать вводное скрещивание не тождественных по типу пород. Однако начинать надо с небольшой части заводского поголовья, так как помеси низких поколений заметно уклоняются от типа животных улучшаемого стада. При этом помеси до II поколения удовлетворительно сохраняют положительные количественные признаки, унаследованные от улучшающей породы. В III поколении проводят более тщательный подбор, так как в дальнейшем приобретенные признаки могут быть утрачены.

Конечным этапом в заводской работе при вводном скрещивании является выведение производителей, сочетающих положительные признаки исходных пород с высокой устойчивостью наследственности. Результативность подбора при этом возрастает, если использовать лучшие особи семейств. Применение инбридинга на производителя улучшающей породы позволит не только сбалансировать, но и усилить селекционируемый признак в потомстве.

Схема вводного скрещивания имеет такой вид

$$\frac{\frac{A+B}{2} + A}{2} + A \quad \text{и т.д.}$$

где А – улучшаемая порода; В – улучшающая.

При вводимом скрещивании кровность улучшающей породы (однократно использованной) с каждым поколением уменьшается (помеси первого поколения – полукровные по улучшающей породе, помеси второго – 1/4-кровные, помеси третьего – 1/8-кровные и т.д.). Обычно помесей второго и третьего поколений (1/4- и 1/8-кровности по улучшающей породе) разводят «в себе».

Сохранение генофонда сельскохозяйственных пород. Генофонд вида сельскохозяйственных животных (генетические ресурсы) обуславливается разнообразием пород, отродий, популяций и отдельных животных. Еще в 1925 г. Е. Ф. Лискун отмечал, что нет ни плохого, ни хорошего скота вне времени, пространства и хозяйственной деятельности. Исходя из этого, предпосылкой повышения эффективности использования породных ресурсов могут служить два основных момента - знание требований технологических схем производства в животноводстве и отличительных породных особенностей, чтобы на основе их сочетания определить наиболее целесообразные варианты скрещивания. Следовательно, первостепенное значение приобретает изучение генетических особенностей разводимых пород.

В настоящее время наблюдается процесс вытеснения местных пород животных более экономически выгодными заводскими породами. Стали редкими такие породы крупного рогатого скота, как серая украинская, калмыцкая, сибирская, якутская, исчезает ряд пород горного скота. С развитием мясного направления в свиноводстве быстро уменьшается поголовье свиней сальных и полусальных пород. Сокращается и поголовье ряда грубошерстных пород овец, например, романовских, курдючных овец - эдильбаевской, калмыцкой и гиссарской. Сокращение генофонда наблюдается во всем мире и в птицеводстве, где используют лишь несколько наиболее скороспелых или наиболее яйценоских пород и линий. Однако необходимость сохранения имеющегося разнообразия пород не вызывает сомнения. Во-первых, должен быть обеспечен контроль и разработана общая система использования породных ресурсов, в частности сохранения разнообразия пород в процессе изменения численности и ареала отдельных пород. Эффективность использования породных ресурсов является мощным источником повышения продуктивности животных и получения новых форм. Классификацию генетических ресурсов можно представить в виде схемы (см. рис.).

В генофонд входят неиспользуемые или малоиспользуемые лучшие иностранные породы животных, локальные аборигенные и местные улучшенные породы. Практически состояние генетических

ресурсов в значительной степени зависит от сохранения местных улучшенных и аборигенных пород, так как эти породы имеют тенденцию к исчезновению.

Другой генетический резерв - ценные иностранные породы - представляется более надежным, так как с точки зрения отдельной страны этот резерв неисчерпаем и не требует дополнительных затрат на его сохранение в отличие от местных пород.

Особое внимание в работе с иностранными, а также с основными породами уделяется повышению эффективности их племенного использования, выявлению и использованию наиболее ценного внутрипородного генофонда.

Почти все широко распространенные современные породы создавались на основе улучшения местных пород.

Большое практическое значение местных пород наглядно иллюстрирует пример с курами породы корниш, которая 30-40 лет назад локально разводилась только в любительских хозяйствах Англии, а в настоящее время стала основной в бройлерной промышленности.

На основе внутрипородной селекции серого степного скота в Италии выведена одна из лучших специализированных пород - кианская. По данным А. Кохомского, красный горбатовский скот с успехом использован для улучшения черно-пестрого племенного стада в племязаводе «Омский» Омской области. В результате вводного скрещивания коровы III поколения (крови черно-пестрой породы) имели живую массу и надой не ниже, чем животные черно-пестрой породы, а содержание МДЖ в молоке, жизнеспособность и крепость конституции у них были выше.

В овцеводстве грузинская тонкорунная порода жирнохвостых овец, имеющая значительные жировые отложения на хвосте и однородную тонкую шерсть, была выведена на основе скрещивания местных грубошерстных мясосальных маток тушинской породы с тонкорунными баранами.

Вероятно, определенные селекционные возможности многих местных пород можно использовать для увеличения резистентности плановых заводских пород. Такие возможности подтверждаются работами американских селекционеров, использовавших зебу при выведении новых пород, приспособленных к условиям тропиков и субтропиков (санта-гертруда, брончус, чарбрей, брафорд, бифмастер) и вместе с тем проявляющих устойчивость к гемоспоридиозным заболеваниям.

Сохранение большого поголовья ценных локальных пород зачастую нерационально. В связи с этим рекомендуется несколько форм

сохранения генофонда, определяемых в зависимости от вида животных и нижеперечисленных условных категорий.

Таблица 1 – Схема сохранения генофонда пород

Учреждение по сохранению генофонда	Назначение	Место	Условия
Заказник для породы	Сохранение селекционного ядра отечественных пород и их совершенствование методами внутривидовой селекции	Территория районов или групп хозяйств в месте главного распространения породы	Чистопородное разведение. Запрещение на преобразовательное скрещивание и замену охраняемой породы другой
Генофондное хранилище спермы	Долговременное хранение спермы производителей всех пород для использования в особо важных селекционных целях и повышения эффективности использования особо ценных производителей только на отборном маточном поголовье	При всероссийских НИИЖс и госплемобъединениях	Специализированные помещения, первоклассное криогенное оборудование, обоснованная структура запаса спермы для каждой породы, основных линий и лучших производителей
Реликтовая ферма или ферма-заказник	Генетический резерв	На базе исчезающих аборигенных пород и популяций	Разведение внутривидовое с аутбредным типом подбора

Учреждение по сохранению генофонда	Назначение	Место	Условия
Генофондное хозяйство	Генетический резерв	На базе стад резко сокращающихся пород	Чистопородное разведение линейного типа с применением рациональных форм инбридинга
Генофондно-племенное хозяйство	Выращивание ценных племенных производителей для племенных заводов	На базе элитных стад племзавода или импортного стада	Чистопородное разведение линейного типа с применением рациональных форм инбридинга
Коллекционный	Генетический резерв	При научно-исследовательских учреждениях по птицеводству	Коллекция в составе 10-15 стад. Каждое стадо состоит из особей одной породы с поголовьем 250- 300 кур, 80- 100 петухов
Форма резервного генофонда	Генетический резерв, используемый в селекции сельскохозяйственных птиц	При племзаводах и научно-исследовательских учреждениях по птицеводству	Состав 1-3 и более ценных местных пород с поголовьем каждый минимум 300-2000 голов

К первой категории отнесены отечественные породы, породные группы и популяции с уникальными признаками, находящиеся на грани исчезновения; вторая включает резко сокращающиеся в численности и территориально наиболее ценные оригинальные отечественные породы; третья - локальные стада и группы импортного скота лучших пород.

Для сохранения генофонда пород первой категории предусматривается организация реликтовых (аборигенных, древних групп скота, имеющих историческую ценность) ферм или ферм-заказников, а также коллекционариев для сельскохозяйственной птицы.

С целью сохранения генофонда отечественных пород второй

категории организуются заказники пород и генофондные хозяйства.

Основные формы организации генофонда пород третьей категории включают генофондно-племенные хозяйства и фермы.

Важнейшей формой являются генофондные хранилища спермы. Хранилища подразделяются на центральные, комплекующие мировые коллекции пород, и региональные. Центральные хранилища обеспечивают, как правило, долговременное хранение спермы с тем, чтобы использовать ее при решении особо важных селекционных задач, в том числе и по сохранению местных пород с уникальными признаками. Региональные хранилища обеспечивают селекционно-производственные потребности разведения животных в ведущих племенных стадах, на генофондных и реликтовых фермах, а также повышение эффективности использования спермы особо ценных производителей только на отборном маточном поголовье.

Практическое осуществление перечисленных рекомендаций по созданию, сохранению генофонда пород базируется на соответствующих детально разработанных научно-методических основах.

Для сохранения, например, генофонда пород кур рекомендуется создавать гетерогенные малочисленные популяции путем поликроссного скрещивания и их дальнейшего свободного скрещивания. Рекомендация обоснована длительным экспериментом на поголовье пород корнишей и плимутроков под руководством И. Л. Гальперн.

Для генофондной фермы крупного рогатого скота рекомендуется применять закрытую систему разведения. Она основана на аутбредном типе подбора с использованием спермы быков пяти линий. Для воспроизводства 100 чистопородных коров в течение 10 поколений нужен запас замороженной спермы по 1600 доз от каждой линии.

Таким образом, создавать генофонд пород в особых формах и сохранять его с целью более эффективного селекционного использования целесообразно, прежде всего, за счет ценных отечественных, резко сокращающихся и исчезающих пород, а также уникальных животных и популяций основных плановых и иностранных пород. Генофонд таких перспективных в молочном скотоводстве пород, как голштинская США и Канады, голландская, британо-фризская, черно-пестрая РФ, швицкий скот США, датская красная, фризская, айрширская, рациональнее всего создавать на основе лучших стад и отдельных животных с рекордной продуктивностью для повышения их селекционного использования.

Трансплантация зигот. Этот метод открывает большие

перспективы по сохранению высокоценных пород и отдельных животных. Трансплантация позволяет получить от высокоценных маток (особенно малоплодных) большое число потомков; сократить интервал между поколениями, что, в частности, повысит достоверность проверки животных по качеству потомства, и т. д.

В нашей стране наибольших успехов по использованию метода трансплантации добились в овцеводстве. Так, при создании новой породы полутонкорунных овец с кроссбредной шерстью скрещивались местные тонкорунные овцы Казахстана с импортными баранами линкольн, ромнимарш и бордер-лейстер. Однако в процессе работы возникли трудности из-за недостаточного числа импортных баранов, которые плохо акклиматизировались (особенно линкольн) и их можно было использовать не более одного сезона. Поэтому увеличение числа чистопородных животных путем суперовуляции и трансплантации зигот явилось одним из важных звеньев в решении возникшей проблемы. Для этого была проведена трансплантация полиовулированных зигот чистопородных маток линкольн тонкорунно-грубошерстным помесным маткам. По хозяйственно полезным признакам и ярки, и баранчики, полученные в результате трансплантации, отвечали требованиям, предъявляемым к животным класса элита породы линкольн, и полученное от них потомство также отличалось хорошей продуктивностью.

Если импортные линкольнские бараны использовались, как правило, один сезон, то линкольнские бараны-трансплантанты были весьма активны при случке, отличались хорошим качеством спермы и использовались в течение 4-5 лет с полной нагрузкой. Следовательно, из зигот импортных линкольнских овец развиваются бараны-производители той же линкольнской породы, но уже приспособленные к местным условиям, не нуждающиеся в акклиматизации, отличающиеся хорошими биологическими свойствами и сохраняющие генеративные функции в процессе всего индивидуального развития. Метод трансплантации зигот приобретает значение как биотехнологический метод улучшения и сохранения природной популяции.

Контрольные вопросы:

1. Основные методы по сохранению и улучшению племенных качеств животных.
2. Сущность чистопородного разведения животных.
3. Сущность вводного скрещивания (прилития крови).
4. Сущность сохранения генофонда сельскохозяйственных пород.
5. Основные учреждения по сохранению генофонда пород

сельскохозяйственных животных.

6. Трансплантация зигот.

5.2. Методы селекции по использованию пород в промышленном животноводстве при гетерогенном отборе

Цель занятия: Изучить методы селекции по использованию пород в промышленном животноводстве при гетерогенном отборе.

В зависимости от природно-экономических и хозяйственных условий, от особенностей исходных видов сельскохозяйственных животных, поставленных целей в промышленном животноводстве применяют промышленное, переменное (ротационное) скрещивания пород для получения гибридов, обладающих повышенной продуктивностью.

Как было отмечено, по существующей гипотезе доминирования при скрещивании в гетерозиготе рецессивные аллели подавляются и сильнее проявляются благоприятные доминантные гены. Этим объясняется причина затухания гетерозиса в последующих поколениях. Проявление же гетерозиса связано с увеличением числа доминантных генов в хромосомных клетках помесей, что ведет к стимулированию биохимических процессов деятельности клеток организма. Поэтому чем больше различия между аллелями скрещивающихся родительских форм, тем сильнее проявляется гетерозис – гибридная сила.

Явление гетерозиса наблюдается при скрещивании животных тех пород, которые обладают устойчивым наследованием ценных хозяйственно полезных качеств и хорошо сочетаются друг с другом. Кроме того, на эффективность такого типа скрещивания пород большое влияние оказывают условия окружающей среды. Если скрещиваемые животные не приспособлены к данным условиям, то гетерозис может не проявиться, так как животные улучшающей породы требуют условий, отвечающих их биологическим особенностям. Поэтому при использовании пород с применением скрещивания необходимо предусмотреть правильный отбор пород с учетом не только их сочетаемости, но и приспособленности к условиям внешней среды.

В каждой природно-климатической зоне страны необходимо иметь хозяйства для получения и выращивания животных тех пород, которые планируют использовать для скрещивания.

Промышленное скрещивание. Для получения пользовательных животных – помесей I поколения с ярко выраженным гетерозисом по продуктивным качествам – применяют промышленное скрещивание.

Оно основано на максимальном использовании явления гетерозиса. Промышленное скрещивание может быть простым и сложным. В простом скрещивании участвуют две породы, а в сложном – три и более.

Сущность двухпородного скрещивания состоит в однократном спаривании между собой животных двух пород. Помеси I поколения от такого скрещивания не используются для воспроизводства, а выращиваются и идут на мясо. Двухпородное скрещивание чаще всего применяется для получения помесей от спаривания молочных и молочно-мясных с мясными породами скота.

Промышленное скрещивание молочного и молочно-мясного скота с мясными породами проводят в плановом порядке. Для скрещивания выбирают низкоудойных коров и осеменяют их спермой быков мясных пород. Ремонт дойного стада происходит только за счет чистопородных телок, полученных от высокопродуктивных коров, которые находятся на племенных фермах, где применяют только чистопородное разведение. Такая система значительно облегчает проведение промышленного скрещивания, организацию зоотехнического учета, способствует повышению не только мясной, но и молочной продуктивности животных.

Наряду с простым промышленным скрещиванием используется трехпородное, которое позволяет максимально использовать эффект гетерозиса. По данным Н. П. Руденко (1978), наиболее высокой энергией роста при наименьших затратах кормов на единицу прироста обладали помеси, полученные от многопородного переменного промышленного скрещивания коров красной степной и симментальской пород с быками калмыцкой, герефордской, лимузинской, санта-гертруда, кианской и шаролежской пород.

На основе обобщения накопленных зоотехнической наукой данных по интенсивному выращиванию помесного молодняка и его чистопородных сверстников материнской породы был сделан вывод, что помесный молодняк, полученный при скрещивании коров мелких, средних и крупных молочных и молочно-мясных пород с быками крупных специализированных мясных пород растет значительно быстрее сверстников материнской породы в основном до 15 -18-мес. возраста, а помеси от сочетаний с быками шаролежской и кианской пород – до 24-30 мес.

Эта закономерность характерна для помесей, полученных при промышленном двух- и трехпородном скрещивании с быками мясных пород, и для помесей, полученных при поглотительном скрещивании до II поколения включительно. Однако помесное потомство от крупных

молочных и молочно-мясных коров (черно-пестрая, швицкая, симментальская) и быков специализированных некрупных мясных пород (абердин-ангусская, шортгорнская, герефорды) имеет такую же живую массу, как и сверстники материнской породы.

Помесный молодняк от скрещивания мясных коров с быками крупных мясных пород имеет более высокую скорость роста, чем чистопородные сверстники материнской породы.

В товарных хозяйствах молочного направления в нашей стране рекомендуются следующие сочетания пород для промышленного скрещивания: с герефордской – красная степная, черно-пестрая, симментальская, лебединская, холмогорская, ярославская, швицкая, кавказская бурая и красньш белорусский скот; с казахской белоголовой – красная степная, алатауская, аулизатинская; с шаролезской – сычевская, симментальская, черно-пестрая, швицкая, холмогорская, костромская, бестужевская, тагильская и красная литовская; с абердин-ангусской – красная степная, швицкая и кавказская бурая; с шортгорнской – курганская, бестужевская, красная степная и симментальская; с галловейской – красная степная, ярославская, кавказская бурая и швицкая; с кианской и лимузинской – симментальская, украинская белоголовая, бурая карпатская и красный белорусский скот.

В свиноводстве для получения промышленного потомства применяют двух-, трех- и четырехпородное скрещивание в различных сочетаниях пород для получения помесей с максимальным проявлением гетерозиса. В результате многочисленных опытов было доказано преимущественное влияние материнского организма на большинство признаков продуктивности помесного потомства разных пород свиней. А. И. Овсяников (1974) считает, что мать снабжает потомство дополнительными (к генетической) биологическими свойствами путем менторского воздействия в эмбриональный и, в первое время, постэмбриональный период его (потомства) онтогенеза. Материнский эффект тем заметнее, чем существеннее различия между скрещиваемыми породами.

Изучение трехпородных помесей, полученных при разных способах отбора и разной последовательности использования пород в схеме скрещивания, дало возможность оценить роль материнской и отцовской наследственности на формирование качества потомства.

Выявлено, что наследственность матери может способствовать фенотипическому проявлению отцовской наследственности в трехпородном потомстве, что является причиной различной эффективности одного и того же вида промышленного скрещивания

при различных исходных породах.

Результативность взаимодействия комбинаций генотипов матери и отца при сложном промышленном скрещивании совершенно иная, чем при простом. Продуктивные качества двухпородного потомства зависят от того, насколько консолидированы породы и типичными для породы являются родители, от степени межпородных различий, от величины материнского эффекта и т. п. При сложном промышленном скрещивании влияние последней в чередовании породы во многом зависит от комбинированной наследственности помесной матки. Так, при скрещивании трех пород замыкающая порода выступает как бы проявителем наследственности помесной исходной матки в отношении тех признаков, по которым сделан подбор. Порода хряка может повлиять на трехпородное потомство в наибольшей степени, если на первом этапе осуществлен гетерогенный подбор по признаку, который хотят развить у трехпородного молодняка, или все породы однородны по этому признаку.

Опыт показал, что при работе в хозяйстве по схеме двухпородного скрещивания в качестве материнской основы необходимо брать плодовитых маток с хорошими материнскими качествами; а в качестве отцовской берут породу, которая характеризуется высокой скороспелостью и хорошей мясностью. При трехпородном скрещивании для первого этапа используют породы, которые обеспечат высокие воспроизводительные качества помесной матке I поколения, а на втором этапе в качестве отцовской используют породу, которая передаст потомству хорошие откормочные и мясные качества.

В овцеводстве также широко применяют промышленные скрещивания для увеличения производства баранины, шерсти кроссбредного типа и многоплодия овец. Например, эффективным было скрещивание казахских тонкорунных маток с баранами английских длинношерстных пород линкольн, ромнимарш и бордер-лейстер для получения высокопродуктивных мясошерстных овец с кроссбредной шерстью, не уступающих, а в некоторых случаях превосходящих по шерстной продуктивности чистопородных английских животных. Особую ценность представляют помесные матки с кровью линкольн, настриг шерсти у которых выше, чем у чистопородных линкольнов (5,4-5,9 кг). У помесей от казахских тонкорунных маток и баранов линкольн I и II поколений живая масса в среднем составляет 63,3-64,9 кг, тогда как у чистопородных линкольнов – 60,1 кг.

Переменное (ротационное) скрещивание. При переменном скрещивании, в отличие от промышленного, лучших маток I поколения используют для получения от них потомства. При этом маток

осеменяют чистопородными производителями попеременно то одной, то другой породы. В результате поддерживается гетерогенность, оказывающая стимулирующее влияние на развитие помесей, и обеспечивается относительная однородность помесей по главным биологическим и хозяйственно полезным признакам. Это обычно не наблюдается при скрещивании помесей друг с другом.

Различают двух-, трех- и четырехпородное, то есть простое и сложное переменное скрещивание. В первом случае помесных маток I поколения осеменяют чистопородными производителями одной из исходных пород, а четверть полученных кровных маток спаривают с баранами другой исходной породы. Полученных помесных самцов сдают на мясо, а для продолжения двухпородного скрещивания каждый раз чередуют производителей исходных пород.

При трехпородном скрещивании помесей I поколения, полученных от скрещивания двух пород, осеменяют чистопородными производителями третьей породы. Полученных помесных маток II поколения осеменяют чистопородным производителем одной из исходных пород и т. д.

Ротационное скрещивание применяют с разными видами животных для получения максимального эффекта гетерозиса по основному хозяйственно полезному признаку. Так, при ротационном скрещивании сочетают:

- обильномолочность крупного рогатого скота одной породы с жирномолочностью второй и мясными качествами третьей;
- грубошерстность овец одной породы – с длинношерстностью овец другой и большей живой массой третьей;
- крупность свиней одной породы – с плодовитостью другой и молочностью третьей.

Следовательно, при применении ротационного скрещивания гетерозис маток сохраняется в нескольких поколениях помесных животных.

Для усиления этого явления при промышленном и ротационном скрещиваниях пород применяется реципрокное спаривание. Сущность его заключается в следующем. Самцов и самок одной породы спаривают с животными другой породы, и в обеих породах отбирают тех маток и производителей, потомство которых имело наиболее выраженный гетерозис. Затем от отобранных производителей получают чистопородное потомство, которое скрещивают с животными другой породы, и вновь отбирают на племя из них тех животных, потомство которых имело наиболее выраженный гетерозис. От них снова получают чистопородное потомство. Реципрокное скрещивание пород

ведут до тех пор, пока не будет достигнут максимальный эффект гетерозиса, то есть пока не будет достигнуто селекционное плато при отборе.

Контрольные вопросы:

1. Что такое доминантный и рецессивные гены.
2. В каких случаях наблюдается явление гетерозиса.
3. Для чего применяют промышленное скрещивание.
4. Сущность двухпородного промышленного скрещивания.
5. Сущность трехпородного промышленного скрещивания.
6. Применение промышленного скрещивания в скотоводстве.
7. Применение промышленного скрещивания в свиноводстве.
8. Применение промышленного скрещивания в овцеводстве.
9. Применение промышленного скрещивания в птицеводстве.
10. Сущность переменного (ротационного) скрещивания.
11. Простое и сложное переменное (ротационное) скрещивание.

6. СЕЛЕКЦИОННЫЕ ХОЗЯЙСТВЕННО ПОЛЕЗНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ПРИЗНАКИ ОТБОРА

Цель занятия: Изучить количественные и качественные признаки и признаки с пороговым проявлением.

Количественные (метрические) признаки отбора.
Количественные признаки, проявляющие в большей или меньшей степени непрерывную изменчивость, могут быть измерены и выражены в цифрах, например, надой молока, живая масса, настриг шерсти, прирост и т. д. Между особями по развитию количественных признаков отсутствуют четкие границы, поэтому они могут быть сгруппированы в разные классы (показатели), не отражающие расщепление по генотипу, число которых можно произвольно менять.

Одна из отличительных особенностей большинства количественных признаков - их значительная зависимость от условий среды и, видимо, обусловленность многими генными локусами. Проявление количественных признаков обусловлено взаимодействием генетических и паратипических факторов. В связи с этим не всегда возможно по фенотипу особей установить их генотип. Еще одна особенность многих признаков заключается в том, что распределение их численных значений приближается к кривым нормального распределения.

Часто наблюдается сходство между родственниками по количественным признакам, что является основой селекции животных.

Для количественных признаков характерны такие явления, как *инбредная депрессия и гетерозис*.

Для характеристики популяции по количественным признакам в настоящее время трудно использовать частоты генов и генотипов. Поэтому в селекции на первом этапе анализа признаков селекции применяют биометрические параметры: среднюю арифметическую (\bar{x}), среднее квадратическое отклонение (δ), дисперсию (δ^2). С их помощью можно дать характеристику родительским формам, потомству F_1 , F_2 и F_3 , а также возвратных скрещиваний F_1 с родительскими формами.

Качественные признаки отбора. Эти признаки имеют четкие различные формы – масть черная, красная, рыжая и т. д., комолость и рогатость, группы крови, белковые полиморфные системы и т. д. Качественные признаки можно выразить и количественно. На фенотипические проявления качественного признака мало влияют условия среды.

Пороговые признаки отбора. Это признаки, проявление которых зависит от порога действия наследственных и средовых факторов. Эти признаки характеризуются дискретной изменчивостью, но не характеризуются простым менделевским наследованием. К пороговым признакам относится устойчивость к болезням (здесь можно выделить два фенотипических класса - больные (1) и здоровые (0) животные), мертворождаемость, бесплодие и т. д. У малоплодных животных двойневость также пороговый признак (два класса - двойня, одинец). Эти значения называются частотами и измеряются относительной величиной от 0 до 1 или в процентах от общего числа животных от 0 до 100%.

Модель действия генов с пороговым эффектом исходит из следующих предположений:

1. подверженность болезни как непрерывный признак имеет нормальное распределение и является одномодальным;
2. подверженность болезни определяется мультифакториально, то есть контроль осуществляется многими генами, каждый из которых характеризуется относительно малым и возможно ранним действием;
3. все генетические и средовые факторы болезни объединяются в одну случайную непрерывную величину, называемую подверженностью;
4. отсутствие общих для родственных животных эффектов среды.

Для количественной генетики пороговые признаки - не лучший объект исследования, однако отбор по этим признакам может быть успешным.

Показатели и признаки отбора. Показатели племенных и продуктивных качеств животных объединяют одноименные признаки продуктивности, используемые при отборе сельскохозяйственных животных и птицы.

Продуктивность, в конечном счете, обуславливается физиологическими и морфологическими возможностями организма животного и реализацией этих возможностей в определенных условиях их выращивания и эксплуатации. Из свойств сельскохозяйственных животных и птицы, оказывающих значительное влияние на признаки и их признаки отбора по продуктивности, заслуживают особое внимание: 1) способность к воспроизводству; 2) материнские качества; 3) скороспелость; 4) породность; 5) время продуктивного использования; 6) тип конституции и 7) изменчивость и наследуемость показателей и признаков отбора.

Способность к воспроизводству. Способность к воспроизводству - репродуктивность, плодовитость - имеет решающее значение для развития признаков продуктивности. Количество продукции, например, молока, мяса, шерсти, зависит не только, а иногда и не столько от их крупности, скороспелости и откормочных качеств, сколько от способности систематически размножаться. Основным признаком воспроизводства является плодовитость, то есть получение числа потомков в одном помете. *Плодовитость самок* зависит от их способности приходить в охоту, овулировать и оплодотворяться в течение всего года, производить потомство на протяжении всей жизни, числа жизнеспособности рожденного потомства и продолжительности беременности. Характерно, что плодовитые животные (свиньи, кролики) имеют укороченный период беременности. В сложном комплексе, определяющем воспроизводство, следует особенно выделить *многоплодность*. Мерой многоплодности служит число потомков, полученных за определенный отрезок времени (хозяйственный год). Из сельскохозяйственных млекопитающих наиболее многоплодны свиньи и кролики. Многоплодность кур и сельскохозяйственной птицы других видов определяется их яйценоскостью и выводимостью.

При оценке способности к воспроизводству (плодовитости) при отборе самца обращают внимание на объем эякулята, густоту и резистентность спермы, подвижность сперматозоидов, оплодотворяющую способность спермы.

Таблица 2 – Длительность беременности сельскохозяйственных животных

Верблюдица	390 сут.	Корова	285 сут.
Ослица	360 сут.	Овца и коза	152 сут.
Кобыла	330 сут.	Свинья	114 сут.
Буйволица	305 сут.	Крольчиха	30 сут.

Материнские качества. Вырастить на подсосе мясных животных можно только под хорошей молочной маткой. Поэтому при отборе млекопитающих разных типов продуктивности обязательно проводится и оценка по молочности. Например, у коров мясного направления молочность определяется по живой массе их телят в возрасте 6 мес., у свиней - по массе помета в месячном возрасте. Большое значение имеют материнские качества и в коневодстве, так как знаменитые скакуны, как правило, рождаются от кобыл, не имеющих больших результатов на ипподроме. Объясняется это тем, что очень строгий ипподромный режим, применяемый к наиболее способным кобылам, угнетает их материнские качества.

Крупность животных определяется их массой и развитием скелета, о котором судят по промерам высоты в холке, обхвату груди и косой длины туловища. От более крупных животных одной и той же породы получают больше мяса, шерсти, молока и других продуктов. Крупные животные, если они продуктивны и не чрезмерно крупны, а кормовые условия достаточно хороши, имеют явное преимущество перед мелкими.

Скороспелость. Под скороспелостью понимают скорость созревания животных. Это конституциональное, породно-видовое свойство, обусловленное наследственно и создаваемое отбором и подбором в благоприятных условиях кормления и содержания. Общеизвестными являются физиологическая и хозяйственная скороспелость. Наравне с генетическими условиями, скороспелость зависит от условий нормального кормления и содержания. Поэтому отбор по этому признаку эффективен лишь при выращивании животных в одинаковых и благоприятных условиях. Скороспелость имеет большое экономическое значение. Например, в мясном скотоводстве разводить животных даже менее крупных, но быстрее достигающих убойных кондиций, выгоднее, чем позднеспелых, так как у них более высокая оплата корма за период выращивания, что значительно снижает затраты на их содержание.

Долголетие и сроки продуктивного использования. Различают три категории долголетия: среднее, устанавливаемое статистически и дающее основу для прогноза пожизненной продуктивности; хозяйственное, определяемое экономической целесообразностью разведения животных; и «специфическое» долголетие, определяемое биологической обоснованностью долголетия.

Считается необходимым ценить животных, способных продуцировать довольно долго. Однако на практике не всегда используются биологические возможности животных, поэтому бывает ранняя их выбраковка. Ранняя выбраковка сельскохозяйственных животных и птицы хуже окупает расходы на их выращивание, повышая этим себестоимость продукции, снижает возможность использования оценки животных по качеству потомства, которое уже не существует.

Отбор животных по качеству признаков, определяющих их продуктивность. При отборе при одинаковом качестве признаков, по которым определяется продуктивность животных, решающей является количественная оценка. Однако при разном качестве продукции количество может и не играть первостепенной роли. В этом случае при отборе предпочтение отдадут животным, обеспечивающим лучшее качество продукции, если даже ее получают в меньшем количестве. Например, шерсть тонкорунных (мериносовых) овец невозможно заменить грубой шерстью; первосортный каракульский смушек нельзя сравнивать со шкурой пород несмушкового направления, нельзя сравнивать жирномолочность джерсейской породы с черно-пестрой и т. д.

Качество признака тоже имеет свою меру. Там, где качество признака можно измерить, ему дают количественное определение. Количественное определение качества признака делает оценку при отборе более объективной и более точной.

Отбор животных по количеству продукции. Животноводческую продукцию (молоко, мясо, шерсть и др.), получаемую за определенный срок использования животного, измеряют при отборе в килограммах. Такие виды продукции, как каракульские смушки, шкурки кроликов и шубных зверей, яйца птиц, измеряют в штуках. Иногда количественную оценку сочетают с качественной. Например, в каракулеводстве ценят не только количество, но и классность смушковых. При оценке племенной продукции крупного рогатого скота учитывают не только количество проданных племенных бычков, но и их классность. Часто это выражается не в абсолютных цифрах, а в процентах по всей произведенной или реализованной продукции, что более показательнее. В популяции, в стаде в первую очередь обычно

выбирают и оставляют те особи, которые при хорошем качестве продукции дают большее ее количество.

Отбор животных по затратам корма. Этот показатель определяется числом кормовых единиц, затраченных на получение определенного количества продукции. Установлено, что эффективность использования кормов животными разных пород неодинакова, что обусловлено генетически и объясняется неодинаковой способностью животных усваивать питательные вещества корма. У животных, которые хорошо оплачивают корм продукцией, расход питательных веществ на поддержание жизни находится на пониженном уровне, а в теле содержится сравнительно мало липидов.

Эффективность использования кормов в пределах одной генетической популяции значительно колеблется, что позволяет применять этот признак в селекционной работе с целью повышения использования как отдельных питательных веществ, так и корма в целом. Результаты селекции на повышение эффективности использования кормов различными видами животных указывают на ее перспективность. За 2-4 поколения использование кормов у животных улучшалось на 10% и более. В структуре себестоимости животноводческой продукции затраты на корм составляют 60-70%. Поэтому селекция животных на повышение оплаты корма продукцией очень важна. Эффективность отбора по оплате корма подтверждается многочисленными научными данными, особенно в птицеводстве, свиноводстве, овцеводстве и мясном скотоводстве.

Контрольные вопросы:

1. Количественные (метрические) признаки отбора.
2. Качественные признаки отбора.
3. Пороговые признаки отбора.
4. Отбор животных по способности к воспроизводству.
5. Отбор животных по материнским качествам.
6. Отбор животных по крупности.
7. Отбор животных по скороспелости.
8. Отбор животных по долголетию и срокам продуктивного использования.
9. Отбор животных по качеству признаков, определяющих их продуктивность.
10. Отбор животных по количеству продукции.
11. Отбор животных по затратам корма.

7. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ ПРИ ОТБОРЕ

Цель занятия: Изучить основные виды продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы при отборе.

Оценку и отбор животных по признакам мясной продуктивности проводят при его жизни по происхождению (породе, породности и по классности родителей) и таким признакам, как особенности индивидуального развития, экстерьер, конституция и качество потомства. После убоя оценка мясной продуктивности делается на основании оценки туши животного.

При зоотехнической (прижизненной) оценке мясного животного особое внимание обращают на его крепость, скороспелость, откормочные качества и молочность.

Отбор в яичном куроводстве проводят по числу яиц и их качеству. В курином яйце содержатся полноценные белки (12-19%), жиры (12%), минеральные вещества и витамины (А, В, D, Е), которые усваиваются организмом человека на 96-97%.

Отбор по шерстной продуктивности зависит от вида животных (овцы, верблюды, козы и даже лошади) и назначения ее использования в народном хозяйстве - текстильной промышленности, изготовлении сукна, материалов для типографий, выработки одеял, валенок, набивки мебели.

Поэтому, например, отбор тонкорунных овец по признакам шерстной продуктивности основывается на количественной оценке настрига шерсти с учетом выхода чистой шерсти и на качественной оценке тонины, длины, уравниности и физических свойств (крепость на разрыв, цвет и т.п.).

Настриг шерсти зависит от породы, размера животных, густоты шерсти и т. д.

При оценке и отборе лошадей, ослов, верблюдов, мулов, буйволов учитывают их показатели производительности, которую они показывают при перевозке тяжестей с учетом массы груза и расстояния, которое с этим грузом преодолевают животные.

Отбор быков-производителей для воспроизводства состоит из 9 основных этапов, которые включают в себя основные показатели и их признаки отбора. К показателям отбора быков производителей по воспроизводству относятся проверка быков по фенотипу и генотипу, контрольное осеменение коров спермой проверяемых производителей,

контроль за надоем полученных дочерей за первую лактацию, осеменение коров спермой быков, оцененных по качеству потомства, рождение от них потомства и окончательная оценка быков-производителей по качеству потомства, которое заканчивается в 78-90 мес.

На основании полученных данных производится отбор производителей для дальнейшего их использования на племпредприятиях и станциях искусственного осеменения сельскохозяйственных животных.

7.1 Отбор по экстерьеру и конституции

Цель занятия: Изучить линейную оценку молочного крупного рогатого скота.

Международный стандарт (ICAR, 2014) предлагает нам оценивать молочный крупный рогатый скот по линейным показателям, которых в данной системе насчитывают 25.

Оценка экстерьера и типа телосложения коров проводится по комплексу признаков на 2-3-м месяцах первой лактации после отела, за 1-1,5 ч. до очередной дойки и устанавливается по комплексу признаков, характеризующих объем туловища (ОТ), выраженности молочного типа (МТ), качеству ног (Н), вымени (В) и общему виду животного (ОВ). Каждый из признаков оценивается по 100-балльной системе.

Общая оценка коров по экстерьеру и типу телосложения определяется по формуле:

$$\text{ОЦ} = \text{ОТ} \times 0,10 + \text{МТ} \times 0,15 + \text{Н} \times 0,15 + \text{В} \times 0,40 + \text{ОВ} \times 0,20$$

Оценке по экстерьеру и типу телосложения подлежат все коровы за исключением больных, абортировавших, с полной атрофией 2-х и более четвертей вымени.

ОЦЕНИВАЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭКСТЕРЬЕРА (от 1 до 9 баллов)

Объем туловища

1. Длина крестца
2. Ширина грудной клетки
3. Глубина груди

Молочный тип

4. Угловатость ребер

Качество ног

5. Задние ноги, вид сзади
6. Постановка задних ног, вид сбоку
7. Угол постановки копыта
8. Состояние коленного сустава
9. Толщина плюсной кости

Качество вымени

10. Крепление вымени спереди
11. Высота вымени сзади
12. Ширина вымени сзади
13. Центральная связка (борозда вымени)
14. Глубина расположения вымени
15. Расположение передних сосков
16. Длина передних сосков
17. Расположение задних сосков
18. Толщина сосков

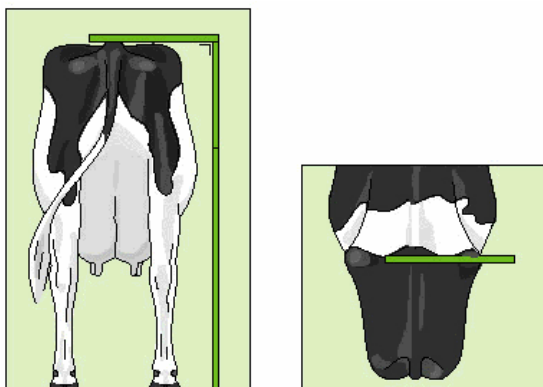
Общий вид животного

19. Угол наклона крестца
20. Ширина зада в седалищных буграх
21. Высота в крестце (рост)
22. Обмускуленность
23. Упитанность
24. Характеристика передвижения
25. Темперамент

1. Высота в крестце (рост)

Точка отсчета: проходит от верхней части позвоночника в крестцовом отделе между бедрами к земле (палкой). Точное измерение проводится в сантиметрах или дюймах или при помощи линейной шкалы.

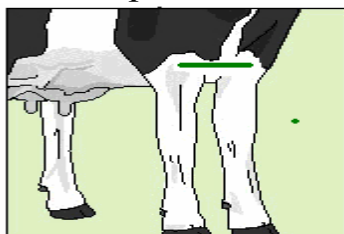
- О 1 Низкое
- О 5 Промежуточное
- О 9 Высокое



2. Ширина грудной клетки (в подгрудке)

Точка отсчета: проходит от внутренней поверхности между верхней частью передних ног (циркулем):

- О 1 Узкая
- О 5 Промежуточная
- О 9 Широкая



1 узкая



5 промежуточная

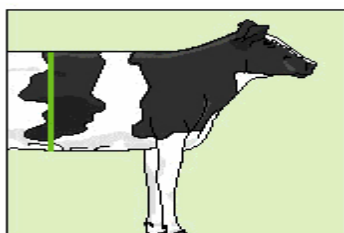


9 широкая

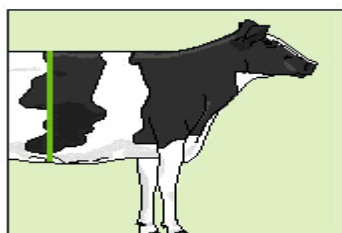
3. Глубина груди

Точка отсчета: расстояние между верхней частью позвоночника и нижней частью туловища возле последнего ребра - самая глубокая точка: зависит от роста:

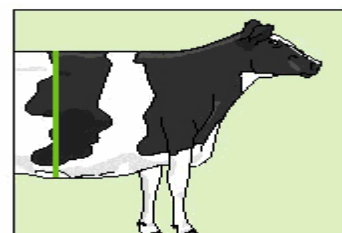
- О 1 Малая
- О 5 Промежуточная
- О 9 Большая



1 малая



5



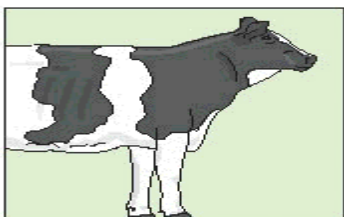
9 большая

4. Угловатость ребер

Точка отсчета: угол и изгиб ребер; не является линейным признаком:

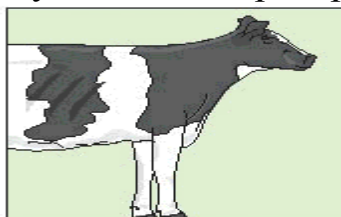
- О 1 Недостаток угловатости: близкое расположение ребер
- О 5 Средняя: с раскрытыми ребрами
- О 9 Сильная угловатость: реберные плоские кости

Шкала: два компонента; угол и изгиб ребер

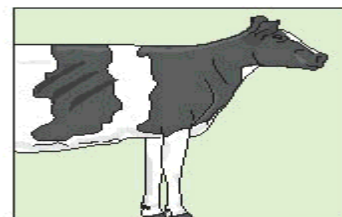


1

(Близкое расположение)
Недостаток угловатости



5



9

Раскрытые ребра
Сильная угловатость

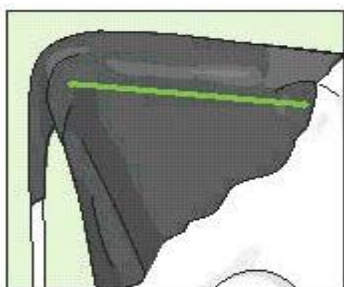
Определение «изгиба ребер» - это еще один способ определения степени раскрытия ребер. Когда ребра плотно прилегают, раскрытия нет. Когда изгиб ребер увеличивается, пространство между ребрами увеличивается.

5. Угол наклона крестца

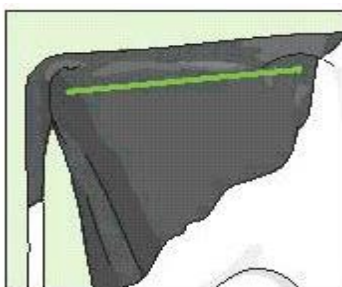
Точка отсчета: измеряется как угол наклона крестца от подвздошной кости (бедрам) к седалищным костям:

- О 1 Высокие кости
- О 5 Средние
- О 9 Сильный наклон

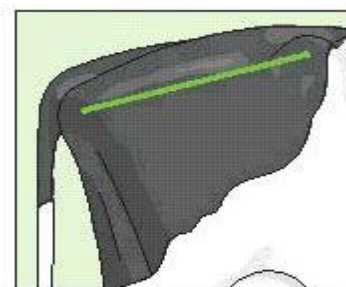
В зависимости от популяции угол наклона крестца может быть высчитан в диапазоне от 3 до 5.



1 Высокие кости



5

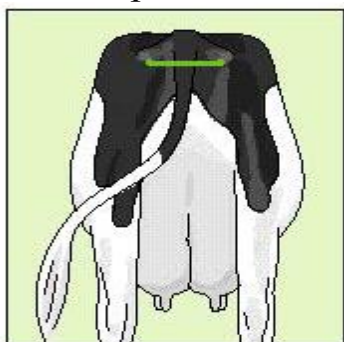


9 Сильный наклон

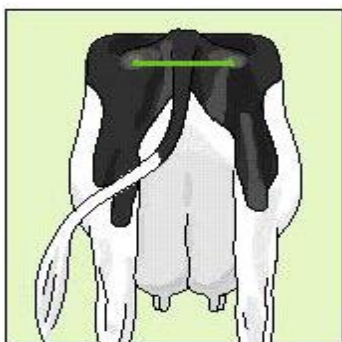
6. Ширина зада в седалищных буграх

Точка отсчета: расстояние между наиболее крайними точками седалищных костей (циркулем).

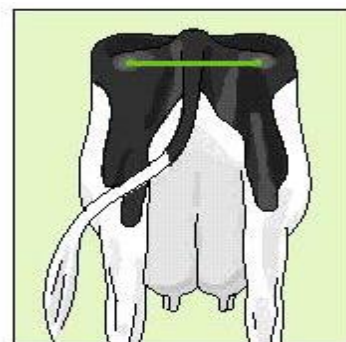
- О 1 Узкое
- О 5 Среднее
- О 9 Широкое



1 Узкое



5

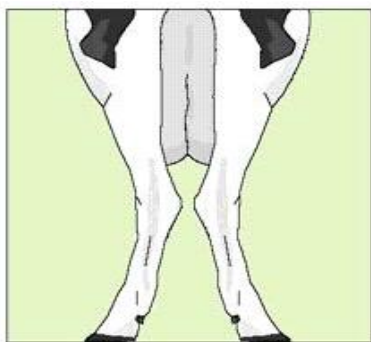


9 Широкое

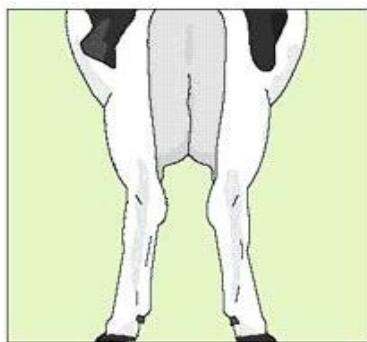
7. Задние ноги, вид сзади

Точка отсчета: Направление ног, если смотреть сзади.

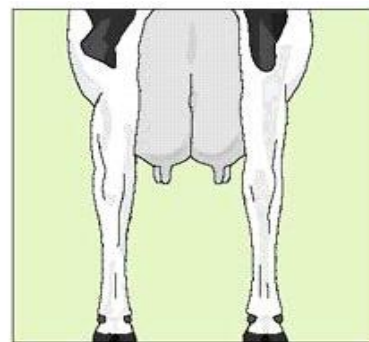
- О 1 сильное расхождение-схождение (голень)
- О 5 небольшое расхождение
- О 9 параллельные ноги



1 сильное расхождение



5



9 параллельные ноги

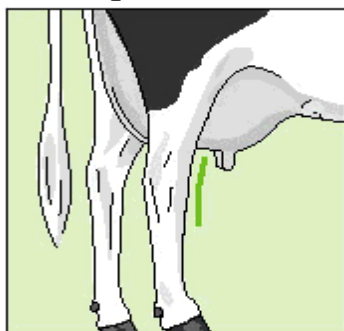
8. Постановка задних ног

Точка отсчета: угол, измеренный в передней части скакательного сустава.

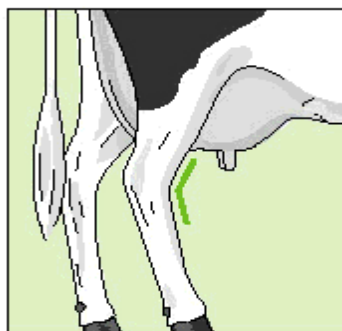
О 1 Прямой

О 5 Промежуточный

О 9 Серповидный



1 Прямой



5



9 Серповидный

Если положение задних ног отличается, то записывают самый большой угол наклона скакательного сустава.

9. Угол постановки копыта

Точка отсчета: угол передней части заднего копыта, измеренный от пола до линии роста волос на правом копыте.

О 1 очень острый угол

О 5 средний угол

О 9 очень тупой



1 острый



5



9 тупой

Если углы ног разные, наиболее большой угол необходимо

записать.

Если угол ноги трудно определить из-за обработки копыт, подстилки, навоза и т.д., то угол можно измерить под волосяным покровом.

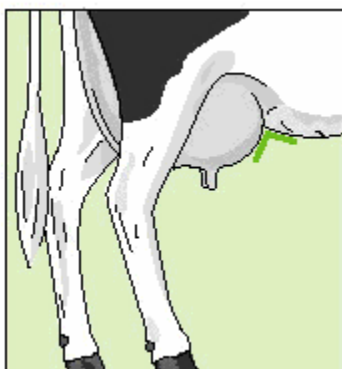
10. Крепление вымени спереди

Точка отсчета: прочность прикрепления передней части вымени к брюшной стенке. Не является линейным признаком.

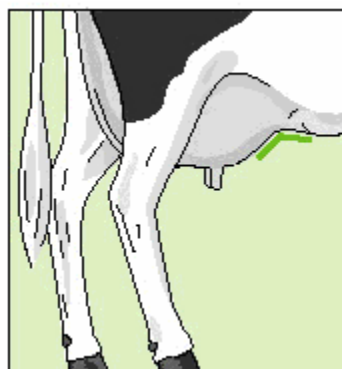
О 1 слабое и свободное

О 5 промежуточное

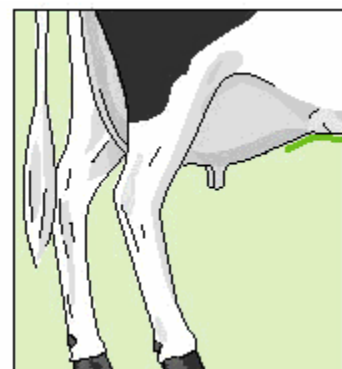
О 9 сильное и плотное



1 свободное



5



9 сильное

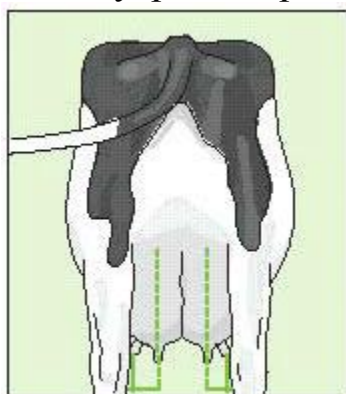
11. Расположение передних сосков

Точка отсчета: Положение центра передних сосков на вымени, вид сзади.

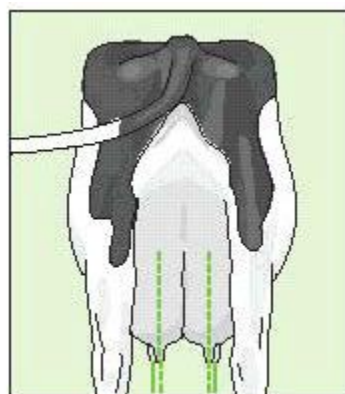
О 1 Наружу квадрата

О 5 Среднее

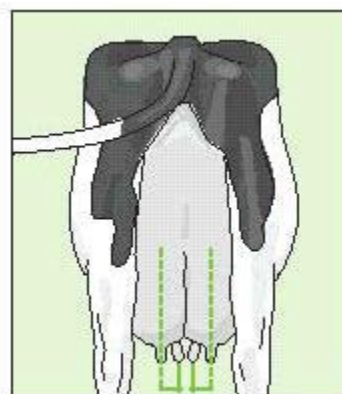
О 9 Внутри квадрата



1 наружу



5



9 внутрь

12. Длина сосков

Точка отсчета: длина передних сосков.

О 1 короткие

О 5 средние

О 9 длинные

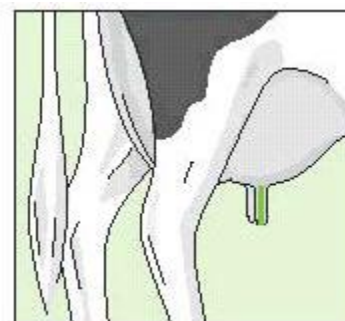
Вместо передних сосков можно учитывать длину задних сосков. В системе необходимо описывать или передние или задние соски.



1 короткие



5



9 длинные

13. Глубина расположения вымени

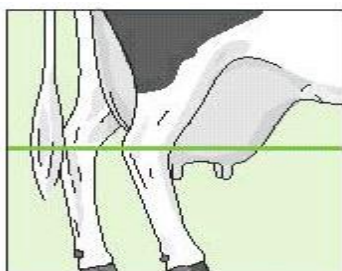
Точка отсчета: расстояние от нижней части вымени до скакательного сустава.

О 1 Глубокое

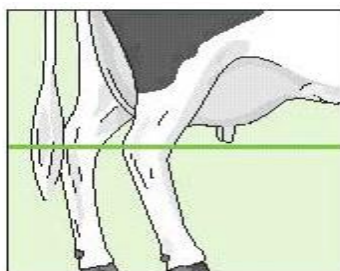
О 5 Среднее

О 9 Малое

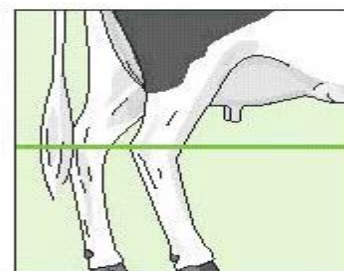
Потенциальная точка отсчета находится на уровне скакательного сустава.



1 глубокое



5



9 малое

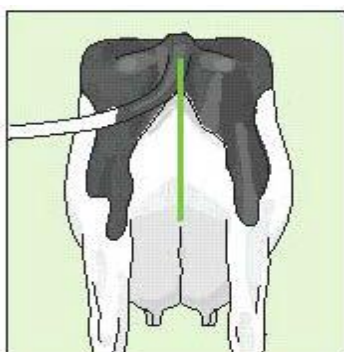
14. Высота вымени сзади

Точка отсчета: расстояние между нижней частью вульвы и молочной секреторной тканью: зависит от роста животного.

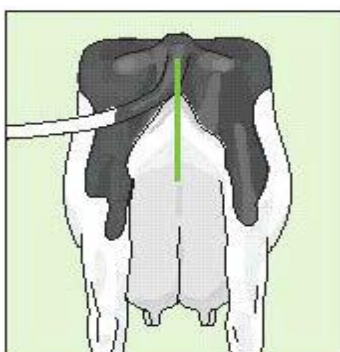
О 1 низкая

О 5 средняя

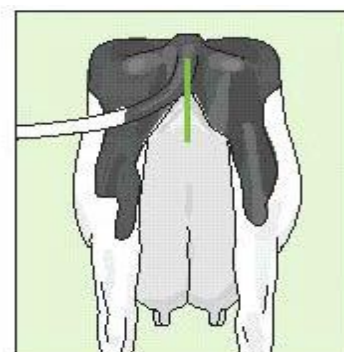
О 9 высокая



1 низкая



5

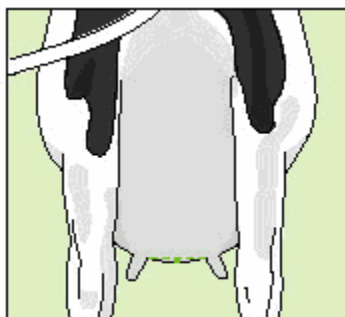


9 высокая

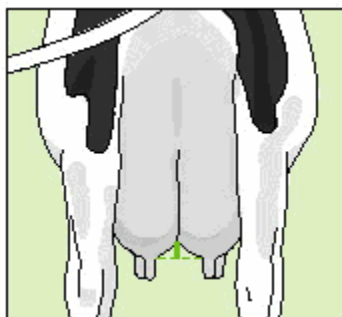
15. Центральная связка (борозда вымени)

Точка отсчета: глубина щели в основании задней части вымени.

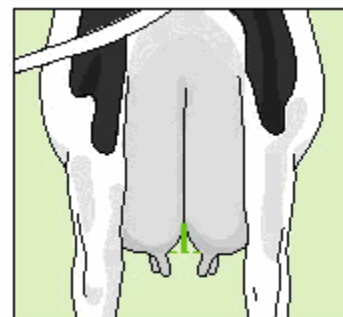
- О 1 выпуклая, ослабленная связка
- О 5 средняя
- О 9 глубокая щель/ сильная связка



1 ослабленная



5



9 сильная

16. Расположение задних сосков

Точка отсчета: положение задних сосков от центра квадрата:

- О 1 Наружу квадрата
- О 5 Среднее
- О 9 Внутри квадрата



1 наружу



5



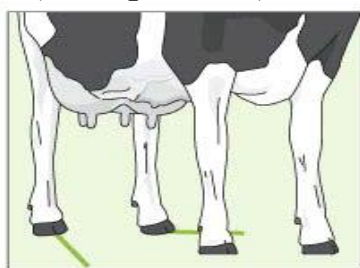
9 внутрь

17. Характеристика передвижения

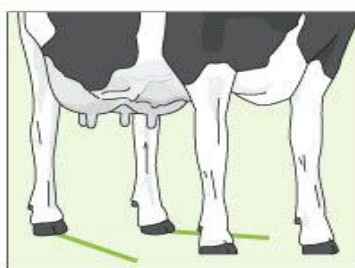
Точка отсчета: использование ног и копыт, длина и направление шага

- О 1 Сильное отведение - короткий шаг
- О 5 Небольшое отведение - средний шаг
- О 9 Без отведения - широкий шаг

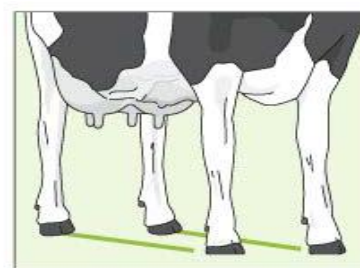
Оценка производится только в том случае, если корова может ходить (нет хромоты)



1 сильное



5



9 без отведения

18. Упитанность.

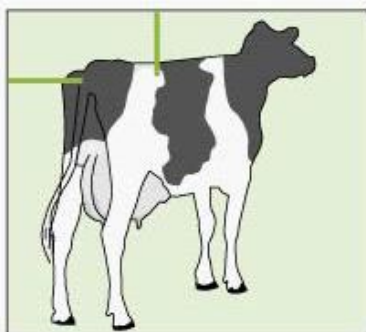
Точка отсчета: распределение жира на основании хвоста и крестце. Не является линейным признаком.

О 1 малое

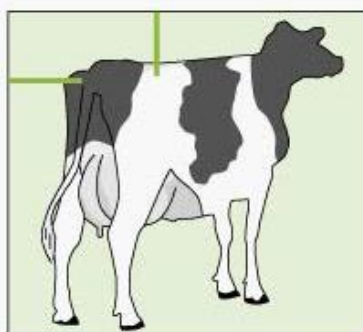
О 5 среднее

О 9 большое количество жира

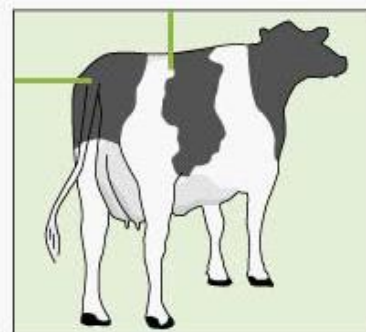
Значения от 1 до 6, главным образом, применимы при оценке распределения жира на пояснице, в то время как распределение жира у основания хвоста рассматривается с более высокой оценкой (7-9).



1 малое



5



9 большое

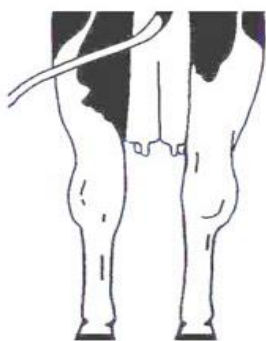
19. Состояние коленного (скакательного) сустава

Точка отсчета: чистота и сухость коленного сустава.

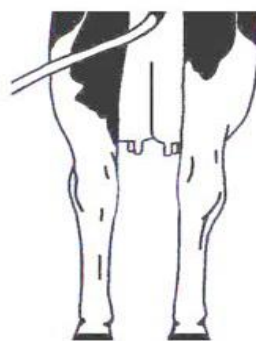
О 1 Сустав с большим количеством жидкости

О 5 Среднее значение

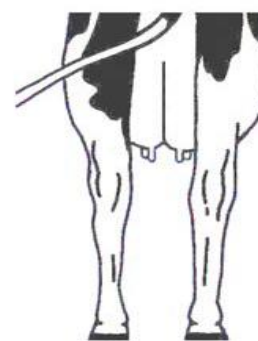
О 9 Чистый и сухой сустав



1 много жидкости



5



9 чистое и сухой сустав

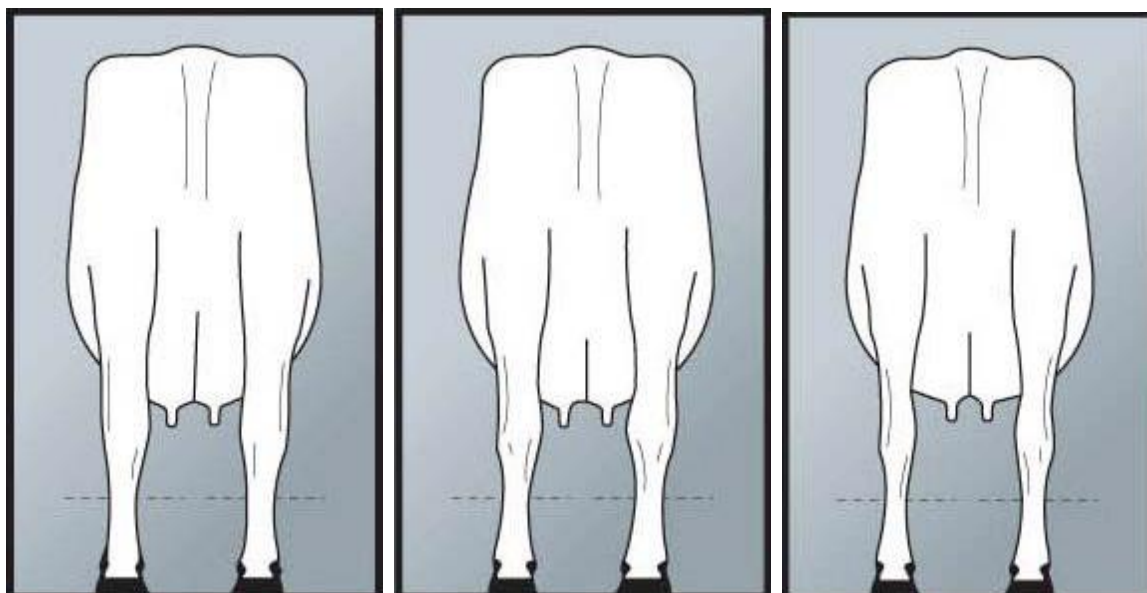
20. Толщина плюсной кости

Точка отсчета: толщина и ширина костной структуры, оценивается путем осмотра задней ноги сзади и сбоку.

О 1 широкая и толстая

О 5 средняя

О 9 плоская



1 широкая

5

9 плоская

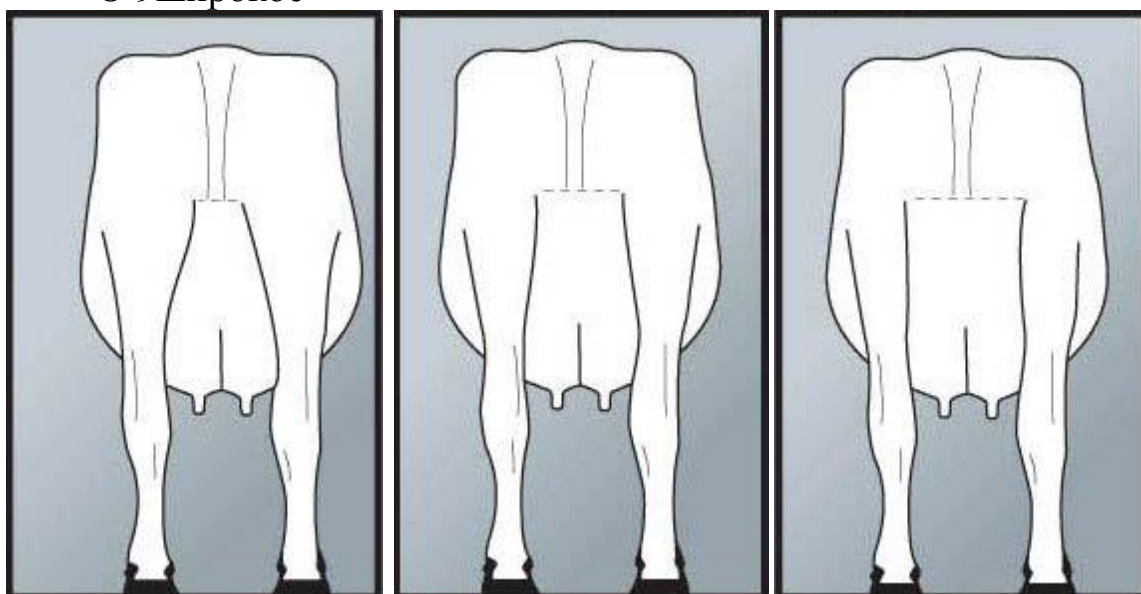
21. Ширина вымени сзади

Точка отсчета: Ширина вымени в точке, где секреторная молочная ткань прикреплена к телу.

1 узкое

5 среднее

9 широкое



1 узкое

5

9 широкое

22. Толщина сосков

Точка отсчета: Толщина сосков.

1 тонкие

5 средние

9 толстые

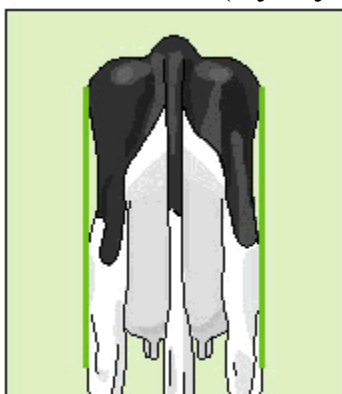
23. Обмускуленность

Точка отсчета: мышечная масса поясницы и бедер. Не является линейным признаком.

О 1 малая

О 5 средняя

О 9 большая (мускулистая)



1 малая



5



9 большая

По результатам линейной оценки экстерьера коров в России подразделяют на 6 классов:

1. 90 баллов и более - выдающиеся,
2. 85-89 – элита рекорд,
3. 80-84 – элита,
4. 75-79 – I класс,
5. 70-74 – II класс,
6. 69 и менее – не классные.

В связи с интенсификацией молочного скотоводства важное значение приобрела фенотипическая оценка коров на пригодность к машинному доению.

Так, например, при оценке экстерьера молочных и молочно-мясных пород крупного рогатого скота 50% баллов за экстерьер отводится на развитие и форму вымени коров.

Анализ данных при отборе первотелок по этому показателю выявил, что 40% животных непригодны к использованию в условиях интенсификации скотоводства, в том числе по надою – 26%, скорости доения – 53%, индексу равномерности развития вымени – 40%, что приводит к заболеванию коров маститами при машинном доении. Поэтому при постановке на дойные фермы животных необходимо предварительно оценить и отобрать по пригодности к машинному доению.

Основной путь улучшения стада по качеству вымени массовый отбор первотелок по этому показателю. В племенных хозяйствах

первотелок, поступивших в дойное стадо, предварительно оценивают по качеству вымени и пригодности к машинному доению.

Для машинного доения пригодны животные, отвечающие следующим основным требованиям при отборе: равномерное развитие долей вымени; удой из каждой передней доли вымени не менее 20% всего разового удоя, то есть индекс равномерности развития вымени должен быть не менее 40%; форма вымени ваннообразная, чашеобразная или округлая с горизонтальным дном; прикрепление к туловищу плотное; расстояние от дна вымени до пола не менее 20 см; соски средней величины (длина 6-9 см, толщина 2,5-3 см), форма цилиндрическая или коническая, соски не сближенные и на слишком широко расставленные, направленные вертикально вниз; расстояние между передними сосками 15-18 см; между задними 6-10 см; между боковыми 8-12 см; время доения не должно превышать 10 мин при двукратной дойке без ручного доения; скорость доения 1,1-1,7 кг/мин.

Данные отбора по этому признаку показывают, что улучшение качества вымени коров и повышение его пригодности к машинному доению способствует увеличению молочной продуктивности и снижению заболевания маститами.

Контрольные вопросы:

1. Оценка и отбор животных по признакам мясной продуктивности.
2. Отбор в яичном куроводстве.
3. Отбор по шерстной продуктивности овец.
4. Отбор быков производителей для воспроизводства.
5. Линейная оценка молочного крупного рогатого скота.

8. ЗНАЧЕНИЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИЗНАКОВ ОТБОРА

Цель занятия: Изучить селекционные параметры отбора.

Оценка селекционных параметров скороспелости животных и птицы. В зоотехнической литературе имеются сведения о том, что скороспелость животных связана с ослаблением их конституции и сокращением сроков племенного использования. Однако практика показывает, что при соблюдении всех зооветеринарных требований к кормлению и содержанию племенных животных высокая скороспелость не ослабляет конституцию и не приводит к снижению продуктивности.

В результате целенаправленного отбора по скороспелости среднесуточный прирост свиней на откорме возрос более чем на 37%,

одновременно снизились затраты корма на 1 кг прироста на 19,5% и сократился срок достижения живой массы 100 кг на 14,2%, или на 30 суток. Уровень среднесуточных приростов увеличился в племенных стадах на 25-30% благодаря отбору лучших по скороспелости животных, снижение расхода корма на 1 кг прироста составило по разным племенным хозяйствам от 11 до 28%. Повышение скороспелости свиней дало возможность в племенных заводах значительно сократить сроки откорма свиней. На надежность и эффективность отбора по скороспелости указывает значительный (0,4) коэффициент наследуемости скороспелости, что свидетельствует о больших селекционных возможностях дальнейшего повышения среднесуточного прироста при выращивании и откорме свиней.

В мясном скотоводстве отмечается также высокая положительная корреляция между интенсивностью роста молодняка с 9 до 15 мес. возраста и живой массы в 15, 16 мес. возрасте.

Связь между интенсивностью роста быков и их потомства в мясном скотоводстве признана в настоящее время зоотехнической закономерностью и широко применяется на практике для предварительного отбора и оценки быков-производителей. Переход к селекции по интенсивности роста дает вполне обнадеживающие результаты, о чем свидетельствует опыт США и Канады. Так, переход на селекцию по интенсивности роста позволил в течение четырех поколений увеличить среднесуточный прирост бычков с 1126 до 1485 г, а живую массу годовалых бычков - с 378 до 468 кг. Поэтому при организации отбора по интенсивности роста главными селекционными признаками нужно считать среднесуточный прирост с 8 до 15 мес. возраста и суммарный итоговый показатель скороспелости - живая масса в 15 мес. Исходными показателями для отбора бычков мясных пород скота по скороспелости можно принять среднесуточный прирост 1200-1300 г и живую массу в 15 мес. возрасте 500 кг.

Оценка селекционных параметров использования кормов животными и птицей. Отбор по оплате корма определяется количеством кормовых единиц, затраченных на получение единицы продукции. Исследованиями установлено, что наблюдаются различия в эффективности использования кормов животными разных пород, кроссов и линий, которые обусловлены генетически. Эти различия являются следствием неодинаковой способности усваивать и использовать в процессе обмена питательные вещества корма. У животных, которые лучше оплачивают корма продукцией, расход питательных веществ на поддержание находится на пониженном уровне, а в теле содержится меньше липидов.

Эффективность использования кормов в пределах одной генетической популяции значительно колеблется, что позволяет применять этот признак в селекционной работе для повышения использования как отдельных питательных веществ, так и кормов в целом. Результаты селекции на повышение эффективности использования кормов и отдельных питательных веществ различными видами животных указывают на ее перспективность. За 2-4 поколения использование кормов улучшается на 10% и более.

Между продуктивностью животных и эффективностью использования кормов существует высокая положительная корреляция. Поэтому селекция на повышение продуктивности на начальном этапе работы способствует улучшению использования корма. Методы оценки эффективности использования кормов сводятся к определению индивидуальных затрат кормов на продукцию.

В структуре себестоимости животноводческой продукции затраты на корм составляют 60-70%, поэтому селекция животных на повышение оплаты корма продукцией служит резервом интенсификации животноводства.

Селекция птицы на пониженную потребность в протеине дает возможность не только снизить потребность в нем, но и выявить новые перспективные генотипы, которые могут быть успешно использованы для создания высокопродуктивных кроссов.

Расчет величины коэффициента наследуемости оплаты корма для различных видов сельскохозяйственных животных подтверждает эффективность ведения селекции по этому признаку. Так, коэффициент наследуемости оплаты корма у свиней различных пород, по данным ряда авторов, значительно колеблется: для маток он равен в среднем 0,45, а для хряков 0,72. У крупного рогатого скота этот показатель составляет 0,22-0,75. Для кур линий канадской популяции коэффициент наследуемости использования корма равен 0,42, для птицы породы белый леггорн линии 07 он составляет 0,277, а линии 04 - 0,0003. Коэффициент наследуемости использования корма курами легких, средних и тяжелых пород колеблется в пределах от 0,34 до 0,55. При этом доля влияния материнской наследуемости на оплату корма у всех видов животных почти в 2 раза выше отцовской.

Для эффективной селекции животных по оплате корма важно знать характер взаимосвязи этого признака с другими. С практической точки зрения особого внимания заслуживает связь между оплатой корма и продуктивностью коров. Установлено, что коэффициент корреляции между этими признаками колеблется от 0,8 до 0,9. Улучшая молочную продуктивность, можно косвенно вести селекцию по оплате корма.

Более продуктивные коровы лучше оплачивают корм молоком. На свиньях также коэффициент корреляции между оплатой корма и среднесуточными приростами достигает 0,8.

Коэффициент корреляции между эффективностью использования корма курами-несушками и числом снесенных яиц колеблется от 0,52 до 0,92, между оплатой корма и общей массой яиц - от 0,72 до 0,89, между оплатой корма и его потреблением от 0,23 до 0,25, между оплатой корма и живой массой от 0,11 до 0,17, а между оплатой корма и возрастом снесения первого яйца составляет 0,57. У бройлеров коэффициент корреляции между оплатой корма и приростом массы равен 0,72, между живой массой и оплатой корма 0,39, между оплатой корма и отложением азота от 0,22 до 0,31. У перепелок, так же как и у других видов птицы, взаимосвязь между скоростью роста и использованием корма положительная.

Таким образом, отбор животных по повышению эффективности использования корма является перспективным. Подтверждением этому служит достаточно высокий коэффициент наследуемости данного признака. Поскольку между оплатой корма и показателями продуктивности существует высокая положительная корреляция, селекция на повышение этих показателей способствует снижению затрат кормов.

Например, для улучшения оплаты корма можно отбирать и оценивать коров по показателям продуктивности, относительной продуктивности и коэффициенту молочной продуктивности. Высокие изменчивость и наследуемость признака использования кормов служат предпосылкой эффективной селекции.

Аналогичные результаты получены и в свиноводстве. Отбор животных по оплате корма не только улучшил этот показатель у потомства, но и повысил энергию его роста и скороспелость.

В овцеводстве определяют оплату корма количеством корма, затраченного на единицу прироста массы тела, без учета других видов одновременно получаемой продукции.

Количество съеденного овцами корма и производство всей продукции (шерсть, шерстный жир, масса тела) устанавливают за определенный период на основании индивидуального или группового учета.

До последнего времени в мясном птицеводстве наиболее распространенными методами отбора на улучшение оплаты корма был косвенный отбор по скорости роста.

Поскольку оценка этого признака довольно трудоемка, птицу оценивают за более короткий промежуток времени, например, при

содержании цыплят в индивидуальных клетках за 10 сут. период в возрасте 40-50 или 51-63 суток. Коэффициент корреляции между оплатой корма за 10 сут. период и период 51-63 сут. составляет 0,423-0,806. Этот метод позволяет улучшить и оплату корма в течение двух поколений селекции на 10-15%.

Оценку использования корма утятами проводят в возрасте 22-49 сут. в индивидуальных клетках. Используют одноярусные батареи с индивидуальными кормушками.

Эффективность использования корма курами-несушками оценивают по затратам корма на 10 яиц.

Оценка птицы по индивидуальным затратам кормов на продукцию даже при использовании укороченных периодов весьма трудоемка. Поэтому заслуживает внимания метод селекции на повышение эффективности использования отдельных питательных веществ корма с применением дефицитных по этим веществам рационов, так как он не требует дополнительного оборудования и может использоваться в условиях племзаводов.

Ускоренную оценку несушек проводят за 39 нед. жизни (яйценоскость, средняя масса яиц, скороспелость). Лучших оставляют для воспроизводства, отводя от них цыплят. При этом также по качеству потомства оценивают производителей. С учетом этой оценки проводят отбор для получения следующих поколений.

При селекции птицы на улучшение использования кормов учитывают, что конверсия кормов в большей степени наследуется по материнской линии, поэтому отбору семейств придают первостепенное значение. Для закрепления желательных признаков при создании линий птицы с пониженной потребностью в питательных веществах в первых двух-трех поколениях используют тесный инбридинг типа брат × сестра, полубрат × полусестра, отец × дочь.

Таким образом, методики оценки эффективности использования кормов животными и птицей сводятся к определению затрат кормов на продукцию. При этом оценка возможна за укороченный период. Высокая положительная корреляция между продуктивностью и эффективностью использования кормов позволяет на начальных этапах работы вести отбор лишь на повышение продуктивных качеств.

Оценка селекционных параметров воспроизводительных качеств при селекции животных и птицы. Осуществление современных программ селекции в животноводстве невозможно без повышения плодовитости животных. Высокая интенсивность отбора племенных животных, являющаяся основой генетического прогресса стада, предъявляет высокие требования к воспроизводительной

функции животных. Отбираемые на племя животные должны отличаться не только высокими племенными, но и хорошими воспроизводительными качествами. Поэтому воспроизводство племенных животных и селекции составляют единое целое селекционно-племенной работы.

Высокая продуктивность и регулярное воспроизводство животных определяют рентабельность племенных хозяйств, особенно на современном этапе интенсификации и специализации отрасли животноводства. В связи с этим возникает ряд задач, направленных на интенсификацию методов повышения воспроизводства стад. Плодовитость рассматривается как один из наиболее сложных признаков в физиологическом и генетическом аспекте.

Различают плодовитость мужских и женских особей, отдельных особей и стад. За меру плодовитости самок у многоплодных животных принята величина помета. Трудно определить аналогичную меру у малоплодных видов животных. Главной предпосылкой для размножения животных является достижение ими половой зрелости. Половая зрелость, как правило, наступает в возрасте, когда организм еще не полностью сформирован и животные не могут использоваться в разведении. Поэтому различают половую и племенную зрелость. Как известно, время достижения половой зрелости варьирует в больших пределах не только у отдельных видов, но и внутри вида и породы. Раннее наступление половой зрелости животных и возможность раннего использования их в разведении имеет большое экономическое значение.

В качестве меры оценки плодовитости отдельных маток, а также плодовитости популяции в целом применяется *метод индексной оценки*. Так, С. Wilcox предложил следующий индекс плодовитости:

$$П = 365(n - 1) \times 100 / Д;$$

где n - число отелов (окотов, опоросов и т. д.); $Д$ - число суток между первыми и последующими родами. При хорошей плодовитости индекс должен быть выше 100.

Индекс плодовитости животных – это обобщенный показатель, который отражает лишь регулярность плодоношения в стаде. Плодовитость можно также определить в абсолютных величинах, рассчитав коэффициент воспроизводительных качеств отдельных маток или популяции маточного поголовья по формуле $KBK = 365/I$; где KBK – коэффициент воспроизводительных качеств в поименованных единицах; I – интервал между родами, год. В практических целях для характеристики плодовитости используют *сервис-период*, то есть время от родов до оплодотворенного осеменения. По сервис-периоду точно выявляют физиологические возможности воспроизводительных качеств

маток.

Воспроизводительные качества отдельных маток можно оценить с помощью *индекса осеменения*, то есть числа осеменений, необходимых для оплодотворения. Показатель индекса осеменения является приемлемым с хозяйственной точки зрения для оценки плодовитости маточного поголовья.

Воспроизводительная способность производителей характеризуется комплексом признаков, по которым ведется оценка и отбор самцов. К ним относятся: тип нервной деятельности, степень проявления половых рефлексов, объем эякулята, концентрация спермы, ее подвижность, резистентность, способность к замораживанию, оплодотворяющая способность и др.

Если производитель имеет хорошее развитие и положительно оценен по основным показателям спермопродукции, то он допускается для проверки оплодотворяющей способности его спермы. Этот признак является наиболее важным при оценке плодовитости производителя.

Наибольшее значение имеет оценка производителей по количественным и качественным показателям спермопродукции. Объем эякулята, концентрация и подвижность спермы, способность спермы к замораживанию подвержены значительным колебаниям в зависимости от вида животного, породы, возраста, сезона года, условий кормления, интенсивности использования и других факторов. Полноценный эякулят, например, взрослого быка, характеризуется следующими показателями: объем не менее 4 мл, число спермиев на 1 мл не менее 500 млн., активность спермиев не менее 8 баллов.

Отдельные быки и линии характеризуются различной пригодностью их спермы к замораживанию в жидком азоте, что вызывает необходимость оценки и отбора производителей и по этому признаку.

При оценке производителей по воспроизводительной способности следует также учитывать взаимосвязь между отдельными признаками плодовитости. Например, установлено, что увеличение объема эякулята сопровождается некоторым снижением концентрации спермиев ($r=-0,23$). Концентрация спермиев положительно коррелирует с переживаемостью (0,30–0,48), резистентностью (0,27–0,40), интенсивностью дыхания (0,22–0,50). Оплодотворяющая способность спермы во многом обусловлена положительной корреляцией между числом нормальных спермиев в эякуляте (0,73), концентрацией (0,30–0,58), подвижностью (0,34–0,58), переживаемостью (0,27) сперматозоидов.

О влиянии наследственности на показатели спермопродукции

свидетельствует различие между быками отдельных линий, генотипическое разнообразие этих признаков в популяциях этих быков, а также фенотипическое сходство между отцами и сыновьями. При этом генетическое разнообразие в большей степени проявляется по объему эякулята ($h^2 = 0,44$), концентрации спермиев (0,29) и в меньшей степени по переживаемости (0,21) и резистентности (0,07).

Корреляция отец-сын довольно высокая и по объему эякулята равна 0,70, по концентрации 0,34, переживаемости 0,43, оплодотворяющей способности дочерей - 0,39.

На станциях искусственного осеменения США, Швеции, Франции и других стран в результате систематического отбора производителей по оплодотворяющей способности и выбраковке животных, имеющих этот показатель ниже 50%, добились повышения плодотворных осеменений коров в первое осеменение до 70-75%.

При отборе производителей по воспроизводительной способности необходимо также учитывать жизнеспособность рождающегося от них приплода, число аборт, число мертворожденных и уродов.

Наблюдения показали, что производители наследственно различаются по указанным аномалиям. Некоторые из них дают очень высокий процент ранней эмбриональной смертности. Таких производителей необходимо браковать.

Оценку производителей по воспроизводительной способности необходимо проводить с начала их племенного использования, а в дальнейшем ежегодно по комплексу признаков.

В комплексную оценку фенотипа животных и птицы входит оценка по живой массе, которая имеет важное значение, так как в большинстве случаев предопределяет продуктивность, или конечный продукт. Величина живой массы имеет важное значение у животных, дающих продукцию, где она не является результатом оценки отбора (имеется в виду крупный рогатый скот, овцы, куры-несушки). Поэтому к оценке таких животных по живой массе подходят как с точки зрения биологической, имея в виду возможность получения от более крупных животных более высокой продуктивности, так и с точки зрения экономической целесообразности такого сочетания. Наибольшее значение отбор по живой массе имеет в скотоводстве, поскольку она наследуется в достаточно высокой степени, и отбор по этому признаку должен быть достаточно эффективным.

Интересно проследить связь между живой массой и величиной надоя, так как от характера этой связи будут зависеть те изменения в величине молочной продуктивности, которые могут последовать при изменении живой массы коров и при отборе их по этому признаку.

Анализ показывает, что данная связь неоднозначна, варьирует в значительных пределах и носит типичный пример криволинейной корреляции.

Анализируя данные отечественной и зарубежной практики о значении живой массы при отборе молочного скота, можно сделать вывод, что молочные коровы должны быть достаточно крупными. Однако ни с биологической, ни с экономической точек зрения нет оснований вести отбор по живой массе для повышения молочности коров, так как отбор по молочной продуктивности в качестве косвенного результата сам по себе ведет к увеличению живой массы коров.

Значение отбора по живой массе у сельскохозяйственных животных и птицы мясного направления продуктивности было рассмотрено при обсуждении вопросов скороспелости и оплаты корма продукцией.

Селекционный индекс. Он является одним из надежных параметров отбора сельскохозяйственных животных и птицы. Используется при отборе животных методом селекции по независимым уровням.

Селекционный индекс - показатель племенной ценности животных, основанный на учете нескольких показателей хозяйственных и биологических признаков.

Примером селекции по зависимым уровням отбора является бонитировка животных по общей сумме баллов, на основании которой определяется классность животных. Однако способы балльной оценки хотя и просты, но не всегда точны и дифференцированы в зависимости от племенной ценности, так как при бонитировке не учитывается генетическая характеристика животного.

Селекционный индекс учитывает и генетические признаки. Число селекционируемых признаков, включаемых в общий индекс, может быть различным. При этом прогресс по одним признакам может сдерживаться, а по другим - усиливаться. Таким образом, создается новая система генов, которая обеспечивает лучшую комбинацию признаков.

В простой форме селекционный индекс (U) определяется по формуле:

$$U = hx_x^2 (x - \bar{x}) + hx_y^2 (y - \bar{y});$$

где hx_x^2 и hx_y^2 - наследуемость селекционных признаков; \bar{x} и \bar{y} - средние показатели по стаду.

В более сложной форме селекционный индекс состоит из экономических показателей, а также генетических корреляций между

признаками. При этом селекционный индекс, выраженный уровнем множественной регрессии, для конкретного стада будет:

$$U = b_1 (P_1 - \overline{P_1}) + b_2 (P_2 - \overline{P_2}) + b_n (P_n - \overline{P_n});$$

где b_1, b_2, b_n – частные коэффициенты множественной регрессии; P_1, P_2, P_n – фенотипические показатели животных; $\overline{P_1}, \overline{P_2}, \overline{P_n}$ – фенотипические средние по стаду.

По селекционному индексу можно определить племенную ценность самок в стаде, а по среднему значению индекса дочерей оценить племенные качества отца.

В свиноводстве селекционные индексы используются при оценке и отборе животных по откормочным и мясосальным качествам свиней с учетом их возраста и пола.

Например, при проверке хряков по качеству потомства используют индекс:

$$U = 0,323 \times (x_1 - \overline{x_1}) - 42,243 \times (x_2 - \overline{x_2}) + 4,520 (x_3 - \overline{x_3}) + 46,784 \times (x_4 - \overline{x_4});$$

где x_1, x_2, x_3, x_4 – соответственно среднесуточный прирост, средняя толщина шпига, средняя площадь «мышечного глазка» и средняя масса окорока потомства оцениваемого хряка; $\overline{x_1}, \overline{x_2}, \overline{x_3}, \overline{x_4}$ – соответственно средние параметры признаков на предприятии, где проводится оценка.

Селекционная работа с *птицей* строится по двухступенчатой схеме. На первом этапе совершенствуются закрытые популяции, на втором этапе эти популяции используются в так называемых программах гибридизации. Подготовка специальных программ для последующих поколений требует систематической оценки селекционных признаков отбора.

Результаты контроля продуктивности и селекционные параметры используются при отборе и подборе родительских пар. В куроводстве нашли применение как индивидуальные индексы, то есть индексы для отбора особей, так и семейные селекционные индексы популяций (линий, групп и т. д.).

Например, при оценке кур мясного направления используются следующие индексы продуктивности:

$$1. \text{ИП} = \overline{x} / D \times \text{ОК} \times 100;$$

где \overline{x} – средняя масса выращенного молодняка на первоначальное поголовье, г; D – число суток выращивания; ОК – оплата корма.

$$2. \text{ИП} = \overline{x} \times A \times D_n / (D_n d^2);$$

где \overline{x} – живая масса, г.; A – угол груди, град; D_n – длина грудной кости, мм; d^2 – диаметр ног, мм.

Все измерения проводятся в убойном возрасте молодняка (56-63 сут.).

Для комплексной оценки кур яичного направления индекс эффективности яйцекладки (ИЭЯ), который рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{ИЭЯ} = K \bar{X}_я \text{П}_я / P ;$$

где $K = 30 X_я / X_n$; $\bar{X}_я$ – средняя масса яиц, г; X_n – число кур; \bar{X} – масса несушки, г; $\text{П}_я$ – процент яйцекладки; P – расход корма в сутки, г.

Этот индекс может быть применен для оценки несушки за период учета ее яйценоскости. При определении эффективности яйцекладки группы кур (популяций, линий, семейств и т.д.) в индекс вводится еще один показатель - процент сохранности ($\text{ПС}_к$).

Окончательная формула индекса имеет вид:

$$\text{ИЭЯ} = 30 \bar{X}_я^2 \text{П}_я / \bar{X}_н P \times (\text{ПС}_к / 100);$$

Знаменатель 100 нужен потому, что расчет ведется в среднем на одну курицу-несушку.

В птицеводстве, кроме перечисленных методов, при отборе по параметрам селекции, имеющим показатели ниже 40%, применяется семейный, или комбинированный, отбор с учетом собственной продуктивности особи, продуктивности членов семей. Сущность семейной селекции заключается в том, что для племенного использования отбирают не отдельных особей, как при индивидуальном отборе, а целые семейства, имеющие превосходство по селекционируемым признакам над другими семействами той же линии или над средними параметрами всей линии.

Семейства, включающие особей, имеющих параметры ниже необходимого уровня, из дальнейшей селекции исключаются.

Для оценки многоплодия отдельных коров, а также популяций в целом некоторые авторы предложили использовать методы индексной оценки.

Селекционные индексы параметров отбора являются теоретически обоснованными претензиями оценки и отбора животных, учитывающими экономические, фенотипические и генетические характеристики признаков. Они могут использоваться в конкретных популяциях на основании полученных селекционных параметров, для которых индекс был рассчитан.

Контрольные вопросы:

1. Оценка селекционных параметров скороспелости животных и птицы.
2. Оценка селекционных параметров использования кормов животными и птицей.
3. Оценка селекционных параметров воспроизводительных качеств при селекции животных и птицы.

4. Как рассчитать коэффициент воспроизводительных качеств (КВК).
5. Что такое индекс плодовитости.
6. Как рассчитать индекс осеменения.
7. Количественные и качественные показатели спермопродукции.
8. Какие показатели входят в комплексную оценку фенотипа животных и птицы.
9. Что такое селекционный индекс.
10. Формула определения селекционного индекса.
11. Селекционные индексы в свиноводстве.
12. Селекционные индексы в птицеводстве.
13. Селекционные индексы в овцеводстве.
14. Селекционные индексы в скотоводстве.

9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛЕМЕННОЙ ЦЕННОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ ПРИ ОТБОРЕ

Цель занятия: Изучить определение племенной ценности сельскохозяйственных животных и птицы при отборе.

В практической селекции важно определить общую племенную ценность животного, то есть аддитивный генотип, так как необходимо знать, в какой степени проявится уровень продуктивности родителей у потомков.

В селекции животных и птицы для оценки взаимосвязи между родителями и потомками часто используют параметр регрессии.

Регрессия – степень изменения одного признака в зависимости от изменения на определенную величину другого. На основе регрессии потомков на родителей можно определить коэффициент наследуемости. В этом случае коэффициент наследуемости рассматривается как регрессия племенной ценности генотипа на фенотип. Регрессия может быть выражена эмпирическими линейными уравнениями и коэффициентом регрессии

$$R_{\partial/m} = r \delta_{\partial} / \delta_m ;$$

где $R_{\partial/m}$ – коэффициент регрессии дочерей на матерей; r – коэффициент корреляции признака у матерей и их дочерей; δ_{∂} – стандартное отклонение дочерей; δ_m – стандартное отклонение матерей.

При определении племенной ценности особи учитывают информацию о предках, пробанде, сибсах, потомках и о собственной продуктивности. Чем точнее будет оценка, тем эффективнее будет селекция.

Общая племенная ценность особи рассчитывается по формуле:

$$ПЦ = R (\bar{x}_1 - \bar{x}_2);$$

где $ПЦ$ – племенная ценность животного; R – коэффициент регрессии; $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$ – разность продуктивности предков и среднему по популяции, стаду, линии и т. д.

На основе вышеизложенного применяют следующие основные методы оценки племенной ценности животных и птицы при отборе: *по фенотипу* (индивидуальным качествам или собственной продуктивности) и *по генотипу*. Оценка по племенной ценности животных *по генотипу* делится на оценку по происхождению, по сибсам и по качеству потомства.

9.1 Оценка племенной ценности животных по фенотипу

Оценка и собственная продуктивность является порой единственным и часто надежным источником информации для выявления племенной ценности сельскохозяйственных животных и птиц. В животноводстве такая оценка имеет огромное значение, как для определения потенциальных возможностей, так и при отборе животных, предназначенных для дальнейшего племенного воспроизводства. Оценка по собственной продуктивности опирается на широкие возможности отбора. Племенной отбор, при котором оценивается лишь собственный фенотип, называется массовым отбором. При испытании по собственной продуктивности достигается в 4 раза больший генетический прогресс.

Эффективность селекции по собственной продуктивности обосновывается высокой наследуемостью признаков отбора и хорошей корреляцией по потомству с результатом оценки по собственной продуктивности. При этом необходимо иметь в виду, что такой отбор дает хорошие результаты только при высокой наследуемости признака, при низкой же наследуемости он малоэффективен. Надежность и точность оценки фенотипа животного выявляется корреляцией между истинной и вычисленной племенной ценностью.

Племенную ценность маточного поголовья по фенотипу можно оценить по формуле:

$$ПЦ_x = h^2 (P_x - \bar{P});$$

где $ПЦ_x$ – племенная ценность животного; h^2 – коэффициент наследуемости признака отбора; P_x – фенотип (продуктивность животного); \bar{P} – средняя продуктивность популяции (стада). Например, надой отобранной коровы составляет 5500 кг, средняя продуктивность стада равна 4500 кг, а наследуемость – 0,3. Тогда племенная ценность

коровы будет выражена показателем $0,3 \times (5500 - 4500) = 300$ кг молока.

В пределах стада племенную ценность производителей на основе показателей собственной продуктивности можно определить по формуле:

$$ПЦ_n = 0,5(X_n - X)h^2,$$

где $ПЦ_n$ – племенная ценность производителя; 0,5–50% наследственных возможностей потомок получает от отца; 50% – от матерей; X_n – величина продуктивности у пробанда в году; X – средняя продуктивность стада или популяции по селекционируемому признаку в году; h^2 – наследуемость выбранного признака продуктивности.

При использовании производителя в других стадах его племенную ценность по показателям собственной продуктивности определяют на основе различий в продуктивности между стадами и величине наследуемости признака по формуле:

$$ПЦ_n = 0,5 (\bar{X}_n - \bar{X}) h_c^2 + h_0^2 (\bar{X}_u - \bar{X}_6)$$

где h_c^2 – наследуемость признака по стаду; h_0^2 – наследуемость селекционируемого признака в пределах популяции; X_u – средняя величина селекционируемого признака в стаде, где проходил оценку производитель; X_6 – средняя величина селекционируемого признака по стаду, где планируется использовать данного производителя.

Следует отметить, что племенная ценность животного, вычисленная на основе показателей собственной продуктивности во время использования, не остается постоянной, так как определяется по отношению к средней продуктивности стада или популяции. Если меняется средняя продуктивность стада или популяции, становятся иными и требования к величине собственной продуктивности.

Для сравнения средней продуктивности племенной ценности животных, собственная продуктивность которых определялась в разное время, или для повторного установления племенной ценности животного, продуктивность которого измерена в прошлом, необходимо учитывать генетически обусловленные сдвиги в стаде или в популяции. Под генетическим сдвигом понимают изменение племенной ценности, возникшее в результате перемещения животных из одной среды в другую. При генетическом сдвиге происходит перераспределение рангов животных по племенной ценности, вызванное взаимодействием генотип-среда.

Генетический сдвиг в положительном направлении происходит в результате отбора животных за определенный отрезок времени, вследствие чего племенная ценность животного изменяется. Генетический сдвиг в популяции можно определить по формуле Д.

Симона и Д. Флока (1971):

$$ПЦ = 0,5 (\bar{X}_n - \bar{X}) h_c^2 \Delta G_u / j ;$$

где $\Delta G_u / j$ – оценка генетических изменений на год испытания за время от начального года j .

Применение приведенных формул для объективного определения племенной ценности производителей можно продемонстрировать на следующем примере. Проведенная оценка трех производителей (А, Б, В) по собственной продуктивности в разные годы оказалась одинаковой. Среднесуточный прирост за контрольный период выращивания был равен 1500 г, среднесуточный прирост по стаду за эти годы составил 1091, 1235 и 1332 г. Селекционное преимущество производителя без учета изменений в стаде и наследуемости признака было равно:

$$А - ПЦ = 0,5 \times (1500 - 1091) 0,3 = +61 \text{ г}$$

$$Б - ПЦ = 0,5 \times (1500 - 1235) 0,3 = +40 \text{ г}$$

$$В - ПЦ = 0,5 \times (1500 - 1332) 0,3 = +25 \text{ г}$$

Следовательно, при подборе производителей для стада предпочтение нужно отдать производителю А. Однако, если определить племенную ценность производителей с учетом достижения прогресса по данному признаку на 27 г за трехлетний период, то получаем следующие результаты:

$$А - ПЦ = 61 - (3 \times 27) = -20 \text{ г}$$

$$Б - ПЦ = 40 - (2 \times 27) = -14 \text{ г}$$

$$В - ПЦ = 25 - (0 \times 27) = +25 \text{ г}$$

Таким образом, ранговое распределение производителей (в данном случае обозначение рангов цифрами 3, 2, 0) изменилось с учетом генетического улучшения признака, для дальнейшего воспроизводства можно использовать производителя В.

Племенную ценность по оплодотворяющей способности его дочерей определяют по формуле:

$$ПЦ = \bar{X} \{ 2 n h^2 / [4 + (n - 1)h^2] \} O_d ;$$

где $ПЦ$ – племенная ценность производителя по оплодотворяющей способности его дочерей, %; \bar{X} – средняя оплодотворяемость в популяции, %; n – число дочерей; h^2 – коэффициент наследуемости; O_d – среднее отклонение признаков оплодотворяющихся дочерей от этого же признака сверстниц.

Племенную ценность быков по типу телосложения дочерей (A_d) вычисляют по формуле:

$$A_d = b [(D - P) - 0,5h^2 (M - P)];$$

где b – регрессия племенной ценности на генотип быка ($b = 0,25nh^2/l + n(n - 1)0,25h^2$); D – средняя оценка дочерей проверяемого

быка по типу телосложения в баллах; P – средняя оценка типа по породе в баллах; h^2 – коэффициент наследуемости типа телосложения; M – средняя оценка типа телосложения матерей – дочерей оцениваемого быка соответствующего возраста в баллах.

Следует подчеркнуть, что по откормочным показателям наиболее точно оценить племенную ценность животного можно на испытательных станциях. Например, если на испытательных станциях коэффициент наследуемости среднесуточного прироста составляет около 0,40, то в хозяйственных условиях – в 2 раза меньше – 0,20. В то же время, по толщине шпига, оцененного экологом, и экстерьерной оценке мясных форм свиней коэффициент наследуемости по данным испытательных станций и хозяйств практически не отличаются.

При оценке племенной ценности откормочных качеств используется формула:

$$X = B + 100 - m / П,$$

где B – фактический возраст животного в день последнего взвешивания, сут.; m – фактическая живая масса животного в день последнего взвешивания, кг; $П$ – среднесуточный прирост животного за контрольный период испытания, кг.

При определении племенной оценки хряков по отдельным селекционируемым признакам, полученным на основе контрольного отбора потомков, используется метод пробитов.

Степень достоверности оценки племенной ценности по собственным продуктивным показателям определяется по формуле: $R_A = h^2$.

Контрольные вопросы:

1. Что такое регрессия, коэффициент регрессии (формула).
2. Формула определения племенной ценности особи.
3. Сущность массового отбора.
4. Формула определения племенной ценности маточного поголовья по фенотипу.
5. Формула племенной ценности производителей в пределах стада на основе показателей собственной продуктивности.
6. Формула определения племенной ценности производителей в других стадах по показателям собственной продуктивности на основе различий в продуктивности между стадами и величине наследуемости признака.
7. Формула Д. Симона и Д. Флока (1971) – генетический сдвиг в популяции.
8. Племенная ценность производителя по оплодотворяющей способности дочерей (формула).

9. Племенная ценность производителя по типу телосложения дочерей (формула).

10. Племенная ценность животного по откормочным качествам (формула).

9.2. Оценка племенной ценности животных по генотипу

Цель занятия: Научиться оценивать племенную ценность животных по генотипу.

Оценка племенной ценности животных по родословной. Сельскохозяйственных животных по происхождению оценивают на основании данных родословной. *Родословная* – схематическое расположение всех известных предков изучаемого животного на протяжении нескольких поколений. Родословная служит первым источником информации о возможной, племенной ценности животного.

Однако племенную ценность животного на основе фенотипа предков можно оценить лишь приблизительно, так как большинство селекционируемых признаков имеет невысокую наследуемость и, кроме того, существует большое число комбинаций генов.

Поэтому важно установить значимость информации, полученной из различных генераций родословной, чтобы оценка животного максимально коррелировала с племенной ценностью животного.

При отборе по происхождению надо учитывать и то, что значение информации для каждого последующего поколения по сравнению с предыдущим уменьшается в 2 раза и что пробанд получает половину генов от отца и половину от матери. Поэтому необходимо учитывать две стороны родословной - мужскую и женскую. Однако предки разного рода содержат разную информацию, и, следовательно, они, даже находясь в одном поколении, вносят неодинаковый вклад в племенную ценность животного, относительная ценность информации зависит от многих факторов. Так, например, точность племенной оценки пробанда по фенотипу матери можно определить по формуле:

$$ПЦ = R (X_1 - X_2),$$

где *ПЦ* – племенная ценность животного; *R* - коэффициент регрессии,

$R = 0,5h^2$; $(X_1 - X_2)$ – разность в продуктивности матери и средней по стаду.

Например, племенная ценность телки, вычисленная по продуктивности матери, превышающей среднюю стада по надою на 800 кг (δ_1) и содержанию МДЖ в молоке на 0,3% (δ_2) и $h^2 = 0,5$, составит по надою $ПЦ_1 = 0,5 \times 0,2 \times 800 = 80$ кг и по содержанию МДЖ в молоке

$ПЦ_2 = 0,5 \times 0,5 \times 0,3 = 0,075\%$. Полученные данные являются показателями племенной ценности, которые указывают на возможное генетическое превосходство продуктивности дочерей над средним по стаду.

Племенную ценность пробанда по родословной, то есть по предкам первого (отец и мать) и второго (мать матери, мать отца, отец матери, отец отца) рядов можно установить с помощью формулы:

$$ПЦ = R_1(X_1 - \bar{X}_1) + R_2(X_2 - \bar{X}_2),$$

где X_1 и X_2 – скорректированные средние соответствующих генераций популяций; R_1 и R_2 – коэффициенты регрессии.

Анализ оценки племенной ценности пробанда с учетом первого и второго рядов предков показывает, что привлечение информации фенотипа второго ряда предков позволяет получить более точную оценку племенной ценности пробанда с низкой наследуемостью.

Для признаков, ограниченных полом, эффективным приемом определения племенной ценности пробанда является учет в родословной лучших предков, генотип которых был оценен по дочерям. В этом случае достоверность племенной оценки зависит от числа дочерей данных предков.

Привлечение информации о мужских предках существенно повышает точность племенной ценности пробанда, отец даже получает перевес по сравнению с матерью. Иногда для большей точности племенной оценки привлекают информацию предков по отцу. В этом случае для оценки по родителям и мужским предкам второго ряда родословной используют формулу:

$$ПЦ = R_1(X_1 - \bar{X}_1) + R_2(X_2 - \bar{X}_2) + R_4(X_4 - \bar{X}_4) + R_6(X_6 - \bar{X}_6)$$

где $R_{1,2,4,6}$ – весовые коэффициенты соответственно по матери и отцу отца; $X_{1,2,4,6}$ – соответственно скорректированные средние родители второго ряда предков. $\bar{X}_{1,2,4,6}$ – средние соответствующих генераций популяций.

Племенная ценность животного, вычисленная с помощью данной формулы, показывает, что точность оценки пробанда за счет включения данных об отце матери и отце отца повышается только по признакам с низкой наследуемостью. Следовательно, приведенные материалы позволяют сделать вывод о том, что решающее значение для оценки племенной ценности животных имеют продуктивные качества родителей и в меньшей степени – прародителей. Например, относительная точность племенной ценности животного по признаку с низкой наследуемостью составляет 0,5, при дополнительном учете данных еще четырех прародителей она повышается до 0,57 л.

Оценка молодняка по происхождению (родословной) почти

полностью предопределяет дальнейшее назначение животных и схему выращивания.

Оценка племенной ценности животных по сибсам. Для ускорения и более объективной оценки племенной ценности пробанда в практике животноводства используют информацию по сибсам и полусибсам. Считается, что оценка племенного генотипа животного по полусибсам более эффективна, чем по продуктивным качествам ближайших прямых родственников.

Оценку племенной ценности пробанда по продуктивности полусибсов определяют по формуле:

$$ПЦ = R_3(X_3 - \bar{X}_3),$$

где $R_3 = 0,25h^2$.

Особенно важно отметить, что даже при низкой наследуемости можно довольно точно оценить возможное генетическое превосходство пробанда при значительном числе полусибсов. Если сравнить оценку пробанда по полусибсам с оценкой по собственному фенотипу, то станет очевидным, что с увеличением числа полусибсов можно получить даже более точную оценку племенной ценности пробанда, чем при оценке по его генотипу. Так, при $h^2 = 0,1$ оценка племенного достоинства уже по 30 полусибсам приравнивается к оценке по собственной продуктивности (фенотипу).

В практике животноводства применяют также оценку племенной ценности пробанда по продуктивности полных сибсов (сестер или братьев). Оценку племенной ценности проводят с использованием формулы:

$$ПЦ = R_4(X_4 - \bar{X}_4),$$

где $R_4 = 0,5h^2$.

Оценка пробанда по полным сибсам имеет тенденцию к повышению с увеличением числа полных сибсов и уровня наследуемости селекционируемого признака.

Кроме того, в случае оценки племенной ценности пробанда по сибсам легче устранить всевозможные средовые влияния, чем при оценке по матери, и качество информации в этом случае лучше.

Следовательно, для точной и быстрой оценки и отбора животных может применяться комбинированная селекция.

Комбинированная селекция – метод отбора, при котором в селекционный критерий включают показатели собственной продуктивности животных и продуктивности родственников. Данные о племенной ценности животных, о продуктивности предков и полусибсов являются единственной информацией о генотипе пробанда до их оценки по собственной продуктивности или получения дочерей.

В птицеводстве и свиноводстве применяется семейная селекция - отбор животных, при котором в качестве критерия выступает среднее значение селекционного признака в семье (полные сестры и полусестры).

Эффективность семейного отбора определяется главным образом наследуемостью селекционного признака и размерами семьи. Семья - группа животных, связанная друг с другом родством. В большинстве случаев коэффициент родства в семье варьирует в пределах 0,25-0,50. Как правило, семья состоит из сибсов и полусибсов.

Оценка племенной ценности и отбор производителей по качеству потомства. С внедрением искусственного осеменения роль производителей сельскохозяйственных животных еще более возросла, так как от каждого из них ежегодно можно получить десятки тысяч потомков. Вместе с тем это создает большую опасность использования производителей, оказавшихся ухудшателями или предрасположенных к наследственным заболеваниям, и может нанести непоправимый ущерб племенному животноводству.

Чтобы избежать нежелательных последствий, производителей оценивают на протяжении жизни несколько раз: сначала по родословной, затем по собственной продуктивности (фенотипу) и, наконец, по качеству потомства.

Такой ступенчатый отбор позволяет свести до минимума селекционные ошибки, снизить затраты на выращивание и оценку производителей, выявить лучших племенных животных на основе комплекса признаков.

Оценка производителей по качеству потомства является основным звеном в селекционной работе, так как позволяет выявить истинную племенную ценность, поскольку предыдущие оценки свидетельствуют лишь о вероятной племенной ценности.

Наибольшее значение имеет оценка по качеству потомства для признаков отбора с низкой наследуемостью и, особенно для признаков, ограниченных полом.

Оценка племенных качеств животных по качеству потомства отличается от оценки по родословной высокой точностью и надежностью. По оценке же племенной ценности на основе продуктивности потомков исходят из того, что все гены отца передаются потомкам, хотя и в разных комбинациях, так как при большем числе потомков средняя продуктивность дочерей равна популяционной средней и отклонения продуктивности потомства от этой средней вызваны лишь влиянием наследственности отца.

Основываясь на этом заключении, полагают, что точность оценки

племенных качеств по качеству потомства зависит от числа потомков, величины наследуемости признаков и условий среды, в которой находились матери и их потомки.

Для оценки племенной ценности генотипа животных по качеству потомства применяется формула:

$$ПЦ = 2b (X - \bar{X}),$$

где b – коэффициент регрессии генотипа производителя на генотип его потомков; X – средняя продуктивность потомков; \bar{X} – средняя продуктивность сверстников.

Если влияние условий среды нивелируется, то взаимосвязь между средней продуктивностью дочерей и племенной ценностью отца (ПЦ) составит:

$$ПЦ = 0,5h^2 n / (\sqrt{n}) [1 + (n - 1) t],$$

где $t = 0,25h^2$.

Теоретически максимальная корреляция между генотипом и фенотипом составит 1, если от производителя будет получено бесконечно большое число дочерей. Однако в практике животноводства ни разу не удалось определить племенную ценность со 100%-й точностью.

На практике для определения племенной ценности производителя по качеству потомства пользуются формулой:

$$ПЦ = 0,25nr_n / [1 + (n - 1) 0,25 h^2],$$

где h^2 - коэффициент наследуемости признака; n – число дочерей.

Например, в стаде средний надой первотелок составил 4166 кг, $h^2 = 0,27$, а от 25 дочерей быка Братка получено в среднем по 4466 кг молока, то есть разность между надоем его дочерей и средним надоем по стаду составила 300 кг. Тогда оценка аддитивного генотипа этого производителя составит $ПЦ = 0,25 \times 25 \times 300 / (1 + 1,6) = 214$ кг молока. Следовательно, дочери быка Братка по надоем превышают средний показатель по стаду на 721 кг, то есть это и есть племенная ценность производителя по надоем дочерей.

Контрольные вопросы:

1. Что такое родословная.
2. Оценка пробанда по фенотипу матери (формула).
3. Как рассчитать коэффициент регрессии.
4. Племенная ценность пробанда по родословной (формула).
5. Оценка племенной ценности пробанда по продуктивности полусибсов (формула).
6. Оценка племенной ценности пробанда по продуктивности полных сибсов (формула).
7. Сущность комбинированной селекции в животноводстве.

8. Оценка племенной ценности и отбор по качеству потомства (формула).

10. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭФФЕКТА СЕЛЕКЦИИ

10.1 Основные показатели эффективности отбора животных

Цель занятия: Изучить основные показатели эффективности отбора животных.

В современной практике племенного дела селекцию ведут не по одному - двум, а по ряду признаков. Поэтому возникает вопрос, как вести отбор, каких животных оставлять на племя? Для решения этого вопроса возможны три метода отбора животных по селекционируемым признакам: а) последовательный (тандемный); б) независимых уровней; в) селекционного индекса.

Последовательный (тандемный) отбор заключается в том, что в одном, а чаще в нескольких поколениях животных селекционируют только, например, по длине шерсти. После того, как будет достигнут планируемый уровень по этому признаку, переходят на селекцию по другому признаку и т.д. Этот метод, хотя и эффективный, имеет существенные недостатки. Теоретически ожидаемый селекционный эффект при тандемном отборе трудно реализовать на практике, поскольку между признаками существует как положительная, так и отрицательная сопряженность, в результате чего улучшение одного признака будет сопровождаться ухудшением другого, а возможно, и ряда признаков.

Отбор по независимым уровням - основной в селекции овец в нашей стране. Его ведут сразу по нескольким признакам, но для каждого устанавливают минимальный уровень, которому должно отвечать отбираемое животное. Например, для овец I класса цыгайской породы минимальный настриг чистой шерсти должен быть 2,0 кг, масса тела - 48 кг, длина шерсти - 8 см. Животных, не удовлетворяющих хотя бы одному из этих требований, исключают из племенного ядра. Этот метод селекции, особенно при наличии положительных генетических корреляций, более эффективен, чем последовательный. Недостатком этого метода является то, что при строгом выполнении установленных требований из воспроизводящей группы по причине несоответствия какого-нибудь одного признака могут быть выбракованы животные, имеющие хорошее развитие других селекционируемых признаков.

Отбор по селекционным индексам теоретически считается

наиболее эффективным. Его сущность состоит в том, что из селекционного процесса не исключают животных, которые имеют низкий уровень развития одного признака при высокой ценности других. При индексной селекции отбор ведется по комплексу признаков с учетом их экономического значения, наследуемости и корреляции с другими признаками.

Следует отметить то, что положительные результаты при использовании индексной селекции могут быть получены при достаточно большой численности популяции и при стабильности паратипических условий в ряде поколений (оптимальный уровень кормления животных).

Практическая селекция в овцеводстве в основном базируется на оценке животных по происхождению, конституционально-продуктивным показателям и по качеству потомства.

Отбор по происхождению (по родословной). Происхождение, или родословная, - один из существенных показателей для генетического совершенствования стада.

Между родителями и их потомством в определенной степени имеет место генотипическое сходство, на основании чего можно надеяться, что животное тем ценнее, чем в его родословной больше высокопродуктивных предков.

Знание родословной помогает селекционеру определить принадлежность данного животного к соответствующей линии или семейству, оценить систему подбора, по которой оно было получено. Все это позволит более правильно использовать данное животное в селекционном процессе.

Оценку и отбор животных по родословной можно проводить как по качеству прямых родственников (отец и мать, дед и бабушка и т.д.), так и боковых родственников (полубрат и полусестра, дядя и тетя и т.д.). В последнее время уделяется внимание оценке животных по показателям полусибсов. Считают, что она может быть более точной, чем оценка по двум-четырем прямым родственникам, поскольку боковых родственников можно иметь значительно больше.

Признавая важность и полезность отбора по происхождению, необходимо в то же время отметить, что он не гарантирует высокой надежности в оценке наследственных особенностей животных. Обусловлено это тем, что истинная картина часто искажается под влиянием многих факторов негенетического порядка, а кроме того, точность оценки генотипа животного по родословной не может быть высокой из-за расщепления и комбинации генов. Верхняя граница точности племенной ценности животного на основе оценки по

родословной составляет лишь 0,71. В силу этих причин теоретический прогноз часто не подтверждается. У потомства обычно проявляется регрессия - возврат к средним показателям стада, породы, величина которой возрастает с увеличением превосходства показателей отобранных животных по отношению к средним показателям популяции. Поэтому отбор по происхождению является необходимым и важным элементом селекционного процесса, но его следует рассматривать лишь в качестве предварительной оценки племенных качеств животного.

Отбор по экстерьеру и продуктивности - это в основе своей экспертная оценка животных при бонитировке. Ее основу составляет признание того, что лучшие генотипы находятся среди лучших фенотипов.

Совершенствование шерстной, мясной, смушковой, молочной продуктивности овец базируется на отборе животных по комплексу хозяйственно полезных признаков.

Изучение результатов селекции в зависимости от числа признаков при отборе показало, что распыление селекционного давления на большое число признаков снижает эффективность отбора по каждому из них пропорционально $1: \sqrt{n}$, где n – число признаков. Так, при увеличении числа признаков с одного до четырех эффект отбора по каждому из них будет в 2 раза меньше ($1: \sqrt{4} = 1:2$).

Поэтому при отборе по комплексу признаков количество селекционируемых признаков должно быть сокращено до минимума.

Принцип всесторонней комплексной оценки должен предусматривать выделение главных желательных качеств для более быстрого совершенствования их путем отбора и подбора, а другие признаки следует оценивать лишь в качестве корректирующих, помогающих избежать нежелательных последствий одностороннего отбора и обеспечить получение здоровых конституционально-крепких, гармонично развитых животных.

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается последовательный (тандемный) отбор.
2. Как проводят отбор по независимым уровням.
3. Сущность отбора по селекционным индексам.
4. Отбор по происхождению (по родословной).
5. Отбор по экстерьеру и продуктивности.

10.2 Отбор животных в племенное ядро и прогнозирование эффекта селекции

Цель занятия: Научиться отбирать животных в племенное ядро и рассчитывать селекционный дифференциал и эффект селекции в животноводстве.

Отбор животных в племенное ядро. В заводских стадах (на племзаводах, в племенных хозяйствах, на племфермах), обеспечивающих собственное воспроизводство и реализующих племенной молодняк для совершенствования других стад, размер селекционной группы больше (70%), чем в товарных хозяйствах (30%).

Величина племенного ядра зависит также от продолжительности использования коров в хозяйстве, то есть чем меньше срок их использования, тем больше должна быть племенная группа. При использовании коров в стаде до пяти лактаций необходимо ежегодно обновлять стадо на 20%.

Планируемый процент ежегодной браковки и воспроизводства стада (простое или расширенное) оказывает значительное влияние на интенсивность отбора в стаде для селекционной группы. Считается, что на каждую корову, запланированную к выбраковке, нужно иметь не менее двух телок.

При определении размера племенного ядра необходимо также учесть, какое поголовье коров планируется иметь в стаде через 3 года, так как первотелки от этого племядра для ремонта могут быть получены только к этому времени.

Расчеты, проведенные Н. Г. Дмитриевым и К. П. Донских, показывают, что с учетом браковки 15% и проектируемого роста маточного поголовья стада на 10% на 100 голов основного стада должно вводиться 25 первотелок. Чтобы осуществить такую возможность, необходимо иметь 10-15% телок до 1 года, 7-8% - старше года. Браковка телок от коров племядра и другие случаи выбытия не должны превышать 20%, выход телят на 100 коров - 90%. В этом случае размер планируемого племенного ядра составит $(24 + 5) \times 2 \times 100/9 = 66\%$ к основному стаду.

Результаты научных исследований и опыты передовых хозяйств показывают, что для ввода 30 первотелок на 100 коров в племенную группу необходимо выделять 70-75% маточного поголовья, 25 первотелок - 60-65% и 20 телок - 50-55%.

Размеры племенной группы в зависимости от степени браковки и воспроизводства стада приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчет размера племенной группы стада

Планируемое воспроизводство	Браковка										
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	27	31	33	35	38	40	44	46	49	51	53
1	31	33	35	38	40	44	46	49	51	53	55
2	33	35	38	40	44	46	49	51	53	55	59
3	35	38	40	44	46	49	51	53	55	59	62
4	38	40	44	46	49	51	53	55	59	62	64
5	40	44	46	49	51	53	55	59	62	64	66

Н. Г. Дмитриев и К. П. Донских для расчета величины племядра как при простом, так и при расширенном воспроизводстве стада рекомендуют применять формулу

$$Y = (P + B) \times 2,68;$$

где Y – размер племядра, %; P – проектируемый рост стада, %; B – уровень браковки коров, %; 2,68 – коэффициент. Например, проектируемый рост стада 5%, уровень браковки коров 13%, тогда $Y = (5 + 13) \times 2,68 = 48\%$ – величина племенного ядра.

Установлено, что с увеличением интенсивности отбора в племенное ядро животных всех видов повышается селекционный дифференциал селекционируемого признака, что способствует ускорению процесса совершенствования сельскохозяйственных животных по племенным и продуктивным качествам в следующих поколениях.

Прогнозирование эффекта отбора. Эффективность отбора животных по фенотипу зависит от степени наследуемости селекционируемых признаков, от численности популяции, включенной в селекционную программу, ее генетической гетерогенности и интенсивности (жесткости) отбора.

Интенсивность отбора, или селекционный дифференциал, представляет собой разницу между средним значением признака у отобранной для племенных целей группы животных и средним значением этого признака в популяции, из которой проведен отбор.

Селекционный дифференциал. Разность между средней признака исходной популяции и средней этого признака отобранной группы животных для получения следующей генерации называется селекционным дифференциалом. Величина этого показателя зависит от величины отбора, уровня селекционируемого признака в стаде и его изменчивости. В животноводстве селекционный дифференциал выше у

самцов и значительно ниже у самок. Его можно выразить формулой: $SD = M_o - M_n$, где M_o - среднее по отобранной группе; M_n - среднее по популяции (стаду).

Например, средняя длина шерсти у всех ярок, имеющих в стаде данного хозяйства, равна 12 см, а у отобранных для ремонта - 13,5 см, В этом случае селекционный дифференциал равен 1,5 см (13,5-12 см).

Сущность и действие селекции проявляется в различии средних значений признака двух смежных поколений – родительского и дочернего. Разница между средним значением признака нового и родительского поколения является результатом селекции и называется селекционным эффектом (SE), или ответом на селекцию.

Умножением селекционного дифференциала (Sd) на коэффициент наследуемости (h^2 - около 0,3) можно получить теоретически ожидаемую величину селекционного эффекта (SE): $SE = h^2 \times Sd = 0,3 \times 1,5 = 0,45$.

Селекционный эффект - это разница между средней величиной признака у родительского поколения, в котором проводился отбор, и средней величиной этого признака в дочернем поколении.

Ответ на селекцию за год (SE_2) определяется делением селекционного эффекта на интервал между поколениями (i), который в овцеводстве составляет около 3,5 лет: $E = 0,45$; $i = 3,5$

$$SE_2 = 0,45/3,5 = 0,13 \text{ см в год.}$$

Иногда селекционный дифференциал предпочтительнее выражать не в абсолютных числах, а в стандартных единицах (σ), тогда можно сравнивать селекционные дифференциалы различных признаков, например, настрига, длины шерсти и массы тела.

$$SE = U_p \times I \times h^2,$$

где U_p - фенотипическое стандартное отклонение признака;

I - интенсивность селекции.

В связи с тем, что на эффект селекции (SE) наряду с показателями селекционного дифференциала (Sd) и коэффициентом наследуемости (h^2) оказывает влияние и скорость смены поколений (I).

Эффективность племенной работы повышается при комплексной оценке баранов с учетом особенностей, генеалогических данных и качества потомства.

В племенных заводах стадо баранов-производителей комплектуют животными, которых выращивают, прежде всего, от маток селекционного ядра при строгом отборе.

В племенных совхозах и на племенных фермах других форм собственности стадо производителей формируют баранами, выращенными в своем стаде, а также купленными в племенных заводах.

Товарным хозяйствам баранов рекомендуется покупать в племенных хозяйствах в соответствии с планом породного районирования и принятым в стаде методом разведения овец (чистопородное или скрещивание).

Основные положения отбора и оценки баранов, тонкорунных и полутонкорунных пород по качеству потомства сводятся к следующему.

В тонкорунном и полутонкорунном овцеводстве к отбору баранов приступают уже в 2-3-недельном возрасте. В это время явно непригодных на племя баранчиков кастрируют. Второй раз осматривают и отбирают баранчиков на племя при отъеме их от маток. Лучших баранчиков выделяют в ремонтную группу в количестве, превышающем потребность в 5-6 раз. Следующий отбор баранчиков производят в годовалом возрасте на основании данных происхождения, индивидуальной бонитировки, учета настрига шерсти и живой массы. Лучших из числа ремонтных баранчиков ставят на проверку по качеству потомства. Их число должно быть в 3-4 раза больше потребности.

Селекционный дифференциал зависит от степени изменчивости признака и от того, какую долю особей вводят в отобранную для селекционных целей группу животных. С увеличением величины изменчивости (δ) повышается селекционный дифференциал. С уменьшением доли отбираемых для дальнейшей работы особей увеличивается величина селекционного дифференциала при одинаковой изменчивости признака.

Кроме абсолютных величин селекционный дифференциал может быть выражен и в долях сигмы. В этом случае селекционный дифференциал называют интенсивностью селекции (i) и вычисляют по формуле:

$$i = \frac{d}{\delta_p},$$

где δ_p – величина изменчивости признака исходной популяции.

Величина интенсивности селекции зависит от доли особей популяции, вошедшей в отобранную группу животных. Следовательно, $d = i \cdot \delta_p$. В этом случае формула ожидаемого эффекта селекции примет следующий вид:

$$R = \frac{i \cdot \delta_p \cdot h^2}{j}$$

Эффект селекции изменяется от поколения к поколению. Поэтому интенсивность селекции зависит от интервала между поколениями (j), под которым понимают период между одинаковыми стадиями жизненного цикла двух последовательных поколений. Для крупного рогатого скота он составляет 5 лет, свиней – 2,5-3, овец – 3-4, яичных

кур – 2, мясных кур – 1 год.

Эффект селекции за год тем выше, чем больше величина коэффициента наследуемости и селекционный дифференциал и чем меньше интервал между поколениями. Например, ведется селекция на повышение настрига чистой шерсти. Средний настриг чистой шерсти по стаду составляет 3,3 кг. Коэффициент наследуемости $h^2 = 0,25$. В селекционное ядро отобраны овцы с настригом шерсти 3,6 кг. Следовательно, селекционный дифференциал будет равен: $3,6 - 3,3 = 0,3$ кг. Ожидаемый эффект селекции на одно поколение:

$$R = h^2 \cdot d = 0,25 \cdot 0,3 = 0,075 \text{ кг.}$$

Продуктивность дочерей полученных от отобранных овец для племенных целей можно ожидать на следующем уровне: $3,3 + 0,075 = 3,375$ кг. Так, как у овец смена поколений составляет 3 года, то можно определить эффект селекции на повышение настрига шерсти в течение одного года.

При работе с селекционными стадами животных ожидаемый эффект селекции не всегда совпадает с фактически полученными результатами. Существует так называемое плато (предел) для породы или линии, подняться выше которого при применении только существующих методов и приемов отбора лучших по фенотипу особей невозможно. Поэтому необходимо искать новые критерии для объективной оценки животных, раскрывающие наиболее полно генетические задатки той или иной популяции.

Определение суммарного эффекта селекции. Суммарный эффект селекции за поколение с учетом селекционного дифференциала по материнской и отцовской линиям можно определить по формуле:

$$SE_c = (SD_m h^2 + SD_o) / 2$$

С учетом интервала смены поколений (если брать средний и по отцам, и по матерям) для более точного вычисления эффекта селекции за год пользуются формулой:

$$SE_c = (SD_m h^2 + SD_o) / (2i)$$

При дифференциации интервала смены поколений по отцам и матерям эффект селекции определяют по формуле:

$$SE_c = (SD_m h^2 / i_m + SD_o / i_o) / 2$$

Например, селекционный дифференциал по матерям равен 550 кг, по отцам - 350 кг, наследуемость h^2 надоя 0,3, интервал между отцовскими поколениями 4,6, материнскими - 6. Поставив эти значения в формулу, получаем $SE_c = (550 \times 0,3 / 6 + 350 / 4,6) / 2 = 51,7$, то есть эффект селекции по надю за год составляет 51,7 кг молока.

Прогнозирование эффекта селекции по комплексу признаков. Основными селекционируемыми признаками в молочном скотоводстве,

например, являются величина надоя и содержание МДЖ в молоке. Однако в связи с дефицитом белков животного происхождения назрела проблема совершенствования пород и по количеству белка в молоке. Поэтому при планировании генетического совершенствования животных необходимо, прежде всего, выяснить, по каким признакам лучше вести отбор и каково оптимальное соотношение интенсивности отбора по каждому из селекционируемых признаков.

Показано, что при отборе только по содержанию МДЖ или МДБ в молоке селекционный дифференциал по этим компонентам повышается, но значительно снижается по надюю и продукции молочного жира и белка.

Прогноз эффекта селекции при отборе по одному признаку - жиру или белку - будет значительным только по этим компонентам и составит соответственно 0,13 и 0,1%. По надюю в обоих случаях этот показатель будет отрицательным.

Более обнадеживающим для прогноза эффекта селекции является отбор по двум или по трем признакам, так как они дают сходные селекционные дифференциалы. Это объясняется, прежде всего, положительной корреляцией между содержанием МДЖ и МДБ в молоке.

Результаты отбора по трем признакам оценивались по их эффективности в двух вариантах, когда при отборе всем трем показателям придавалось равное значение (1:1:1) и когда надюю придавалось значение вдвое больше (2:1:1), чем каждому из двух остальных признаков.

Анализ вариантов селекции показал, что лучший эффект за поколение получается при отборе в отношении 2:1:1 (надюю : жир : белок). При этом условии отбора селекционный дифференциал для стада составляет по надюю 550 кг, жиру - 0,08% и белку - 0,06%, что способствует получению эффекта селекции за поколение по этим показателям соответственно 154 кг, 0,04 и 0,03%.

Благодаря положительной генетической связи между содержанием жира и белка в молоке коров считается, что селекционный эффект при отборе по жирномолочности должен повлечь за собой соответствующий коррелятивный сдвиг неселекционируемого признака - содержания МДБ.

Прогнозирование эффекта селекции при отборе производителей. Основными звеньями племенного дела являются определение и плановый подбор выдающихся по продуктивности родительских пар для заказного спаривания, получение и интенсивное использование потомства, ранняя всесторонняя оценка производителей,

выявление улучшателей и широкое использование их на станциях искусственного осеменения. Особенно важна ранняя оценка производителей по качеству потомства и на этой основе определение прогноза селекции с использованием того или иного производителя.

Эффект селекции производителей, используемых как в отдельных хозяйствах, так и на станциях искусственного осеменения или на племпредприятиях, вычисляется по формуле: $SE_0 = SD_0$ (за поколение) или по формуле: $SE = SD_0/i_0$ (за год),

где SE_0 - селекционный эффект от использования производителей; SD_0 - селекционный дифференциал производителей; i_0 - интервал смены поколений по отцам.

Селекционный дифференциал отцов SD_0 составляет разность между показателями дочерей M_d отцов и матерей M_m этих дочерей по формуле:

$$SD_0 = M_d - M_m.$$

Например, в молочном скотоводстве при оценке производителей по качеству потомства методом дочери-матери они оказались улучшателями на 260 кг, в этом случае селекционный дифференциал по отцам будет равен 260 кг.

Когда нет средних данных по матерям дочерей, вместо этих показателей для определения селекционного дифференциала используют материалы по оценке сверстниц дочерей оцениваемых производителей.

Наследственные свойства производителей в раннем возрасте прогнозируют с учетом происхождения и качества потомства. Эффект селекции от использования отдельных производителей в значительной степени зависит от селекционного дифференциала по селекционируемым признакам. Для подтверждения этого положения нами используются результаты оценки по потомству быков-производителей, которых отобрали в качестве отцов будущих племенных бычков (В. Д. Розов, 1976). Селекционный дифференциал для отдельных производителей рассчитан по результатам оценки их дочерей и матерей по надою, содержанию жира и белка.

Фактически полученная разность в продуктивности между дочерьми этих производителей и их матерями одновременно является и селекционным дифференциалом, и эффектом селекции за последующее поколение (табл. 4).

Таблица 4 – Прогноз эффекта селекции по разным быкам производителям

Кличка и номер быка	Число дочерей	Продуктивность			Прогноз селекции по		
		надой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	надою, кг	МДЖ, %	МДБ, %
Атхо 15	20	5293	4,01	3,16	+ 1215	+0,18	-0,03
Гулант 76	29	5098	4,05	3,18	+819	+0,24	0,00
Викат 387	18	4655	3,80	3,08	+1263	+0,19	+0,02
Кулик 4645	32	4645	4,12	3,29	+304	+0,21	+0,12
Колос 1923	15	4424	3,85	3,20	+744	+0,19	+0,03
Закон 1001	25	4350	3,80	3,17	+397	+0,17	-0,05
Герм 35166	120	4155	3,88	3,08	+783	+0,15	+0,04
Сибер 6	129	4046	3,70	3,23	+1597	+0,04	-0,05
Стивен 54488	134	3843	3,78	3,24	+336	+0,16	+0,03

Анализ приведенных данных показывает, что все отобранные быки-производители имеют высокую продуктивность и являются улучшателями по основным селекционным признакам. Прогноз эффекта селекции этих быков составляет по надою от 1597 до 304 кг, содержанию МДЖ - от 0,04 до 0,24% и по МДБ - от 0,03 до 0,12%, но по белку, как неселекционируемому признаку, наблюдается и отрицательный эффект селекции.

В практике животноводства очень часто не наблюдается одновременного эффекта селекции по комплексу признаков, даже при жестком отборе среди производителей. Так, абсолютные улучшатели по надою и содержанию МДЖ составляют 15-20%, только по надою - 20% и по жиру - 10%; нейтральные и ухудшатели - около 30%.

Наши исследования показали, что при испытании производителей по качеству потомства отмечается закономерное их распределение в пределах программы отбора по одному, двум или трем селекционируемым признакам. Например, при отборе по одному селекционируемому признаку (надою, жиру или белку) производители-улучшатели составили 44%, по двум - 19% и трем признакам - 10%, то есть с включением третьего селекционируемого признака - белковомолочности - улучшателем оказывается только один производитель из десяти.

Следовательно, для эффективной селекции с учетом белковомолочности интенсивность отбора среди проверяемых производителей необходимо увеличить в два раза по сравнению с существующей. Это положение необходимо особо учитывать при

массовой селекции в условия; интенсивной технологии.

Для программирования эффекта селекции большое значение имеет выявление степени стойкой передачи качества отцов своим сыновьям. С этой целью быков-улучшателей относят к определенным категориям, что помогает выявить потенциальные генетические возможности производителей по прогнозированию эффекта селекции;

Так, если от отцов категории А3 получено 15,4% улучшателей-сыновей по надою, то от отцов категории А1 50%. Это позволяет установить препотенцию производителей, то есть выявить силу их влияния на качества потомства, и правильно определить прогноз эффекта селекции в последующих поколениях.

Задание 1. Определить среднюю живую массу и настриг шерсти баранов и маток, отобранных в селекционную группу (таблицы 5 и 6).

Задание 2. Определить среднюю живую массу и настриг шерсти баранов и маток всего стада (до отбора).

Задание 3. Определить селекционный потенциал по баранам и маткам по формуле: $SD = X_V - X_n$, где

X_V - средний показатель в отобранных группах,

X_n - средний показатель по стаду (до отбора).

Задание 4. Определить общий эффект селекции и за один год.

Создать селекционную группу баранов тонкорунных овец с уровнем селекционного дифференциала, превышающего по живой массе на 10,0 %, и настригу шерсти на 10,0 % из числа нижеследующих баранов.

Таблица 5 - Продуктивность баранов

№ баранов	Живая масса, кг	Настриг шерсти, кг	№ баранов	Живая масса, кг	Настриг шерсти, кг	№ баранов	Живая масса, кг	Настриг шерсти, кг
1	128	14,0	11	90	9,1	21	97	9,5
2	98	9,5	12	93	9,5	22	106	11,0
3	96	9,6	13	102	11,5	23	94	9,4
4	122	11,0	14	96	9,0	24	90	9,2
5	98	9,5	15	94	9,0	25	110	10,5
6	91	9,0	16	102	9,5	26	95	9,3
7	127	12,0	17	95	9,7	27	91	9,6
8	96	9,2	18	96	9,4	28	102	10,0
9	96	9,2	18	96	9,4	28	102	10,0
10	123	13,0	20	90	9,6	30	92	9,1

Задание 5. Создать селекционную группу маток с уровнем селекционного дифференциала, превышающего по живой массе на 7,3

%, настригу шерсти – на 5,0 %.

Таблица 6 - Продуктивность маток (n = 500 голов)

№ отары	средние		№ отары	средние	
	Живая масса, кг	Настриг шерсти, кг		Живая масса, кг	Настриг шерсти, кг
1	55,5	5,3	6	55,0	5,2
2	50,5	5,0	7	51,0	5,3
3	61,2	6,1	8	50,0	5,2
4	55,5	5,5	9	50,0	5,1
5	55,0	5,4	10	50,0	4,9

Коэффициенты наследуемости баранов по живой массе 0,2, по настригу шерсти – 0,2. Коэффициенты наследуемости маток по живой массе 0,6, по настригу шерсти 0,6.

Контрольные вопросы:

1. Как проводится отбор животных в племенное ядро.
2. Расчет величины племядра как при простом, так и при расширенном воспроизводстве стада по Н. Г. Дмитриеву и К. П. Донских (формула).
3. Что такое селекционный дифференциал (формула).
4. Как рассчитать ожидаемую величину селекционного эффекта (формула).
5. Как рассчитать селекционный эффект за год.
6. Как рассчитать интенсивность селекции (формула).
7. Как рассчитать ожидаемый эффект селекции (формула).
8. Как рассчитать суммарный эффект селекции за поколение с учетом селекционного дифференциала по материнской и отцовской линиям (формула)
9. Как рассчитать суммарный эффект селекции с учетом интервала смены поколений (если брать средний и по отцам, и по матерям) за год.
10. При дифференциации интервала смены поколений по отцам и матерям эффект селекции определяют по формуле.
11. Прогнозирование эффекта селекции по комплексу признаков.

10.3 Прогноз эффекта гетерозиса

Гетерозис – это свойство потомства превосходить по селекционируемым признакам среднее значение данных признака родителей. Максимальный эффект гетерозиса проявляется в первой генерации. Проявление гетерозиса объясняется главным образом

взаимодействием генов (эффект доминирования и эпистаза), аддитивным действием положительно влияющих доминантных генов, присутствующих в разном наборе у родителей и соединяющихся в потомках, а также более благоприятным проявлением некоторых генов гетерозигот по сравнению с гомозиготами. При гетерозисе у гетерогенных животных происходит погашение вредного действия рецессивных генов. В практике гетерозис определяется как свойство гибридов превосходить по определенным признакам одну из лучших родительских форм.

Гетерозис характеризуется повышением жизнеспособности потомства, которая проявляется в увеличении продуктивности, резистентности к болезням, выносливости в экстремальных условиях внешней среды и повышении оплаты корма продукцией. Явление гетерозиса наблюдается при чистопородном разведении от применения гетерогенного подбора и кросса линий, при межпородном и межвидовом (гибридизация) скрещиваниях.

Для прогнозирования гетерозиса при различных методах племенной работы применяется следующая формула (Я. Плесник):

$$SE_r = 0,5 [\bar{P} P_1 + (\bar{X}_1 - \bar{P}_1) h^2 + \bar{P}_2 + (\bar{X}_2 - \bar{P}_2) h^2]$$

где SE_r – ожидаемая продуктивность помесей; \bar{P}_1 и \bar{P}_2 – средняя продуктивность материнской и отцовской спариваемых линий, пород; \bar{X}_1 и \bar{X}_2 – средние данные по отобраным родительским популяциям \bar{P}_1 и \bar{P}_2 , намеченным для отбора; h^2 – коэффициент наследуемости прогнозируемого признака.

Используя данную формулу, можно прогнозировать эффект гетерозиса путем отбора и подбора соответствующих животных, линий, пород и т. д. Это необходимо делать уже при планировании методов племенной работы или скрещивания в популяции (стаде) для того, чтобы определить, какой из намеченных методов разведения можно использовать, чтобы получить гетерозис у потомства

Для получения эффекта гетерозиса можно применять только тот метод подбора, в результате которого прогнозируемое потомство будет иметь превосходство над исходными родительскими формами по селекционируемым признакам.

В связи с тем, что признаки с высокой наследуемостью обычно незначительно улучшаются при различных методах разведения, принято считать показатели по этим признакам гетерозисными, если они превосходят средние данные продуктивности родителей, и наоборот, для признаков с низкой наследуемостью гетерозисным эффектом принято считать разность между продуктивностью родителей.

Для определения результатов, полученных от применения разных

методов развития молочного скота, применяют формулу К. Б. Свечина, в которой фактические показатели потомства сравниваются с показателями одной из лучших родительских форм:

$$SE_r = 100 E_n / E_{p.m}$$

где SE_r – эффект гетерозиса; E_n – показатель признака у потомства первого поколения; $E_{p.m}$ – показатель признака одной из лучших родительских форм.

При определении фактического эффекта гетерозиса сравнением показателей потомства с родительской средней используют формулу Б. С. Москаленко:

$$SE_r = 102 E_n / (E_0 + E_m)$$

где E_0 – показатель признака у отца; E_m – показатель признака у матери.

Х. Ф. Кушнер выделил шесть форм гетерозиса, которые необходимо учитывать при прогнозировании эффекта методов отбора и подбора по хозяйственно полезным признакам.

В молочном скотоводстве, например, наблюдаются в основном две формы проявления гетерозиса по молочной продуктивности, которые нужно учитывать при прогнозе эффекта гетерозиса: увеличение надоев и количества молочного жира и белка за лактацию по сравнению с исходными родительскими формами при промежуточном наследовании содержания жира и белка в молоке; увеличение количества молочного жира и белка при промежуточном наследовании надоя, содержания жира и белка в молоке. В птицеводстве и свиноводстве встречаются почти все формы гетерозиса.

Задание 1. Используя практикум по разведению сельскохозяйственных животных, изучить метод разведения – промышленное скрещивание. Начертить схему промышленного скрещивания, рассчитать породность помесных животных по исходным породам. Записать цели и задачи промышленного скрещивания.

Задание 2. Используя лекции, дать краткую характеристику современных мясных пород крупного рогатого скота и их использование в промышленном скрещивании. Данные записать в таблицах 7, 8.

Таблица 7 – Характеристика пород мясного направления продуктивности

Порода	Метод выведения	Место выведения, год	Продуктивность			Место распространения	Примечание
			молочность	Живая масса, кг	Убойный выход, %		
1							
2							

Таблица 8 – Мясная продуктивность чистопородного молодняка молочных пород и помесей 1-го поколения (коровы молочных пород спариваемых с быками мясных пород)

Порода	Пол	Возраст, мес.	Живая масса, кг	Масса туши, кг	Масса жира, кг	Содержание в туше, %		Химический состав мяса, %		Убойный выход, %
						мякоти	костей	протеин	жир	
Чернопестрая, ч/п	Б	18	450	250,5	14,5	78,5	21,5	19,5	9,8	
Помеси с герефордской	Б	18	510	285,5	37,5	83,0	17,0	17,5	20,5	
Абердин-ангусской	Б	18	460	257,5	34,0	83,0	17,0	18,5	20,0	
Шароле	Б	18	475	270,5	10,0	81,0	19,0	20,0	6,0	
Ярославская, ч/п	Б	15,5	410	215,0	27,5	75,5	24,5	19,0	16,5	
Помеси с герефордской	Б	15,5	480	272,5	22,5	76,5	23,5	17,5	19,5	
Шароле	Б	15,5	490	291,0	20,0	77,5	22,5	17,5	17,0	
Абердин-ангусской	Б	15,5	475	271,5	21,5	76,5	23,5	18,0	20,0	
Симментальская, ч/п	Т	15	360	193,5	10,0	78,5	21,5	22,0	5,5	
Помеси с герефордской	Т	15	390	210,5	13,5	79,5	20,5	20,5	8,5	
Шароле	Т	15	400	220,5	13,5	80,0	20,0	-	-	
Казахской белоголовой	Т	15	360	197,5	11,0	79,0	21,0	-	-	
Абердин-ангусской	Т	18	410	226,5	20,0	81,5	18,5	-	-	

Задание 3. Используя данные таблицы 9, рассчитать эффект гетерозиса по формулам, предложенным К. Б. Свечиным и Б. С. Москаленко. Сделать вывод.

Таблица 9 – Живая масса коров, быков и их потомков

Порода отцов	Живая масса, кг		
	помеси в 18-месячном возрасте	Матерей чернопестрой породы	отцов
Герефордская	500	480	850
Шортгорнская	520	500	900
Казахская белоголовая	500	475	850
Шароле	620	480	1100

Задание 4. Изучить мясную продуктивность скота мясных пород и их помесей (таблица 8). Сравнить продуктивность чистопородных животных материнских пород с продуктивностью помесей от мясных пород (за 100 % принять показатели чистопородного молодняка материнской породы). Рассчитать убойный выход. Результаты записать по форме таблицы 10.

Таблица 10 – Сравнительная оценка мясной продуктивности чистопородного и помесного молодняка крупного рогатого скота, %

Порода матери	Порода отца	Предубойная масса, кг	Масса туши, кг	Масса жира, кг	Убойный выход, %	Содержание в туше, %		Химический состав мяса, %		Калорийность 1 кг мяса
						мякоти	костей	протеин	жир	
Черно-пестрая	Герефордская									
	Шароле									
	Абердин-ангусская									
Ярославская	Герефордская									
	Шароле									
	Абердин-ангусская									
Симментальская	Герефордская									
	Шароле									
	Казахской белоголовой									
	Абердин-ангусской									

Контрольные вопросы:

1. Что такое гетерозис.
2. Прогнозирование гетерозиса при различных методах племенной работы по формуле Я. Плесника.
3. От применения разных методов развития молочного скота, применяют формулу К. Б. Свечина.
4. При определении фактического эффекта гетерозиса сравнением показателей потомства с родительской средней используют формулу Б. С. Москаленко.
5. Х. Ф. Кушнер выделил шесть форм гетерозиса, которые необходимо учитывать при прогнозировании эффекта методов отбора и подбора по хозяйственно полезным признакам.
6. В производстве какой продукции скотоводства промышленное скрещивание имеет наибольшее значение?
7. Как составляется схема скрещивания?

8. Что такое промышленное скрещивание?
9. Что такое гетерозис и чем он характеризуется?

10.4 Прогнозирование продуктивности с применением индексов

При селекции сельскохозяйственных животных по комплексу признаков наиболее эффективным является метод прогнозирования с помощью селекционных индексов. Формулы расчета индексов для всех видов сельскохозяйственных животных и птиц даны в предыдущих разделах. Для определения индексов используются генетические и фенотипические параметры популяции по селекционным признакам.

Практика показывает, что использование селекционных индексов позволяет точнее определить племенную ценность животных и повысить эффективность селекции на 15-20%.

При отборе производителей необходимо сравнивать их генетический потенциал с популяцией или породой в целом. Для объективного прогноза племенной ценности производителей приводят их индексную оценку с использованием формулы:

$$I = 100 [(D - C_e) R + M] / M;$$

где I – прогнозируемый индекс по селекционируемому признаку; D – продуктивность дочерей производителя; C_e – продуктивность сверстниц дочерей производителя; M – стандарт по породе; R – коэффициент регрессии продуктивности будущих дочерей на имеющихся, который зависит от числа дочерей оцениваемого производителя n и коэффициента наследуемости h^2 и вычисляется по формуле:

$$R = n \times 0,25 h^2 / \{1 + [(n - 1) \times 0,25] h^2\};$$

Н. З. Басовским с соавторами оценено 200 быков черно-пестрой породы и выявлена эффективность прогноза оценки и отбора производителей по данной методике.

Ими установлено, например, что абсолютное значение величины индекса по отдельным быкам колеблется от 8 до 120. С учетом достоверности оценки быков по шкале улучшатели по надою имели индекс 105 и выше, ухудшатели – ниже 97 и нейтральные – от 98 до 102. При этом от быков-улучшателей по надою ($I = 102,5$ и выше) получено 50% сыновей-улучшателей и 45,2% ухудшателей.

Этот пример показывает, что использование индексов племенной ценности позволяет с большей вероятностью прогнозировать результаты отбора производителей и их племенную ценность.

Контрольные вопросы:

1. Для объективного прогноза племенной ценности производителей приводят их индексную оценку с использованием формулы.

11. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЕЛЕКЦИИ ЖИВОТНЫХ И ЗНАЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИЗНАКОВ ОТБОРА

11.1 Генетические основы селекции

Цель занятия: Изучить основы селекции животных

Селекция животных – наука, разрабатывающая теорию и методы создания новых и совершенствования существующих пород домашних животных. Она включает процесс изменчивости и наследственности, отбор и создание новых форм животных.

Теоретической основой селекции животных является популяционная генетика. Она изучает закономерности изменчивости и наследственности в сложных системах особей, какими являются популяции сельскохозяйственных животных и птиц. Под популяцией животных понимают совокупность особей одного вида, характеризующихся определенными свойствами, местообитанием и приспособленностью к данным условиям жизни. Свободно размножающиеся или панмиктические совокупности особей являются идеализированной моделью популяции. Прототипами такой популяции являются породы сельскохозяйственных животных и птиц, их зональные типы, отродья и отдельные стада.

В молочном скотоводстве животные одной породы, насчитывающей несколько десятков или сотен тысяч голов скота и размещенной в зоне деятельности племообъединений, можно рассматривать как отдельную популяцию. В птицеводстве, свиноводстве, овцеводстве и коневодстве к популяциям относятся крупные стада (табуны, отары), в которых одновременно содержатся самцы и самки.

Если популяции животных размножаются путем спаривания только ее особей, их называют замкнутыми.

В незамкнутых, или открытых, популяциях для получения потомства используются самцы и самки из других популяций. Например, репродуктивные и товарные стада в птицеводстве и свиноводстве, где постоянно осуществляются межпородные скрещивания, относятся к открытым популяциям, а племенная часть исходных пород, которые разводятся в госплемзаводах (репродукторах), - к замкнутым (закрытым) популяциям.

К открытым популяциям можно отнести, например, черно-пеструю, симментальскую, холмогорскую, красную степную и другие породы молочного скота, которые улучшаются за счет завоза племенных животных других отродий, как из зарубежных стран, так и за счет обмена племенными животными между отдельными зональными популяциями. Однако для сохранения характерных особенностей местной популяции, и особенно ее приспособительных функций к местообитанию, подавляющее число потомков должно происходить от спариваний особей внутри популяций.

В результате целенаправленной селекции полученного потомства от такого спаривания все особи внутри популяции имеют сходные, наследственно обусловленные качества (продуктивность, комплекс физиологических и морфологических свойств, реакция на условия внешней среды и др.). В результате фенотип потомства отражает совокупность признаков и свойств организма, сформировавшихся в результате взаимодействия генотипа с условиями внешней среды. В фенотипе никогда не реализуются все генетические возможности, фенотип каждого организма - лишь частный случай проявления его генотипа в конкретных условиях среды.

Следовательно, генетическая изменчивость признаков обусловлена разнообразием генотипов, а фенотипическая изменчивость отражает разнообразие нормы реакции генотипа организма на средовые и возрастные изменения. Поэтому организмы животных наследуют не признаки и их свойства, а лишь возможности их проявления. Для реализации генотипа необходимы соответствующие условия внешней среды. В разных условиях среды по-разному реализуется генотип животных. Принято считать, что организмы наследуют определенную норму реакции. Примером разнообразия фенотипов с идентичным генотипом могут быть потомки одних родителей (сибсы и полусибсы) в отселекционированном стаде, которые идентичны по экстерьеру и конституции, но среди них нет хотя бы двух совершенно одинаковых особей (особенно по хозяйственно полезным признакам).

Большинство хозяйственно полезных признаков характеризуются непрерывной изменчивостью, которая в популяциях обычно соответствует нормальному распределению, измеряемому стандартным отклонением (δ). При нормальном распределении обычно лимиты крайних значений находятся в пределах $\pm 3\delta$.

Методы генетики базируются на квадрате стандартного отклонения, или варианте (δ^2). С ее помощью определяется наследуемость, изменчивость, корреляции, повторяемость и т. д.

Как было описано выше, продуктивность любой особи

определяются ее генотипом и средой. Если все негенетические факторы отнести к влиянию внешней среды, то фенотипическую ценность животного (P) можно выразить в виде следующего уравнения:

$$P = G + U,$$

где G - генетическая ценность животного, U - отклонение от генетической ценности, обусловленное внешней средой.

Генетическая ценность животных определяется аддитивным эффектом генов (A) и отклонением от него, обусловленным доминированием (D) и взаимодействием генов (I), которое называется эпистазом:

$$G = A + D + I.$$

Аддитивно-генетическая, или общая племенная, ценность животного по одному из хозяйственно полезных признаков определяется суммарным эффектом всех генов, которые влияют на этот признак. Ее можно определить на основе фенотипа самой особи, ее предков или потомков.

В свою очередь средовые факторы (U) делятся на систематические (C), оказывающие одинаковые влияния на животных (например, уровень кормления в стаде), и на случайные факторы (E), которые идентично могут затронуть любую отдельную особь (например, возраст животных):

$$U = C + E.$$

Исходя из изложенного, фенотипическая вариация показателей продуктивности животных складывается из следующих компонентов:

$$\delta_p^2 + \delta_a^2 + \delta_d^2 + \delta_i^2 + \delta_c^2 + \delta_e^2$$

Приведенная модель оценки вариации и ковариации является основой популяционной генетики сельскохозяйственных животных и птиц, на ее основе разработаны генетико-статистические методы оценки популяционно-генетических маркеров, методы оценки генотипа животных и т. д.

Контрольные вопросы:

1. Что такое селекция животных.
2. Что изучает популяционная генетика.
3. Что такое популяция животных.
4. Что такое открытые и закрытые популяции животных.
5. На чем базируются методы генетики.
6. Как рассчитать фенотипическую ценность животного (P).
7. Как рассчитать генетическую ценность животного (G).
8. Как рассчитать средовые факторы (U).

11.2 Значение генетических параметров признаков отбора

Цель занятия: Изучить генетические признаки отбора.

Как было отмечено раньше, генетическая структура популяций характеризуется частотами генов и генотипов. Такое описание популяции возможно только по качественным признакам. Для характеристики популяции по количественным признакам используют средние показатели (\bar{X}), дисперсии и ковариации. Любая особь (варианса μ) в популяции имеет какое-то фенотипическое значение признака (y). Фенотипическое значение (фенотипическая ценность), обозначенное символом P , может быть выражено как отклонение y от популяции по средней μ : $P = y - \mu$.

Продуктивность любой особи определяется ее генотипом и влиянием условий среды. Генотип особи определяет ее фенотип, но по количественному признаку среда вызывает отклонение в значении признака. Поэтому фенотипическое значение признака можно выразить в виде:

$$P = G + E,$$

где P – фенотипическое значение (фенотипическая ценность); G – генотипическое значение (генотипическая ценность); E – отклонение от генетического значения, обусловленное внешней средой.

Средовое отклонение (E) для популяции как целого принимается равным нулю. Поэтому среднее фенотипическое равно среднему генетическому значению. Следовательно, мерой средней генотипической ценности популяции в определенных условиях среды является фенотипическая средняя популяции. О генотипе отдельной особи можно судить только по качеству потомства.

От родителей потомку передаются не генотипы, а гены, генотипы же в каждом поколении образуются заново. Поэтому нужно оценить средний эффект гена (или генов), который представляет собой среднее отклонение от популяционного среднего y особей, получивших этот ген от одного из родителей, при условии, что ген от другого родителя как бы случайно выбран из пула гамет. Средний эффект гена можно представить как средний эффект замены одного гена другим.

Оценка особи, произведенная по среднему значению ее потомков, представляет селекционную (разведывательную) ценность особи. Селекционная ценность в отличие от среднего эффекта гена может быть измерена конкретно. Если данная особь спаривается со множеством случайно выбранных особей, то значение селекционной ценности представляет собой удвоенное среднее отклонение ее потомков от

популяционного среднего. Удвоение нужно потому, что родитель передает потомкам только половину своих генов, другую половину генов потомки получают случайно из всей популяции, так и селекционная ценность представляет собой свойство особи и популяции, где проводилось скрещивание. Поэтому о селекционной ценности конкретной особи нельзя говорить без учета конкретной популяции, к которой относится особь. Если определять селекционную ценность особи в понятиях средних эффектов, то она равна суммарному среднему эффекту генов, которые она несет. Суммирование проводится по парам аллелей каждого гена и всех генов.

При простом суммировании средних эффектов генов по аддитивному признаку селекционную ценность обозначают как аддитивный генотип, и изменчивость ее приписывают аддитивному эффекту генов.

Наследуемость. Основным генетическим параметром, численно показывающим долю наследственной изменчивости признака и, следовательно, являющимся селекционным показателем отбора по продуктивным и племенным качествам, служит коэффициент наследуемости. Этот генетический параметр лежит в основе селекции.

Существуют понятия «наследственность», «наследование» и «наследуемость», которые имеют свои значения.

Наследственность - свойство организма обеспечивать материальную и функциональную преемственность между поколениями, а также обуславливать специфический характер индивидуального развития в определенных условиях среды.

Наследование - процесс передачи наследственной информации от одного поколения другому. Наследование можно проследить иногда по одной или более парам особей (мать-дочь, отец-сын, дед-внук и т.д.).

Наследуемость признака отражает относительную долю наследственной изменчивости в общей фенотипической изменчивости популяции. Наследуемость измеряется коэффициентом наследуемости (h^2) и относится как статистическое понятие только к группе особей популяции. Символ h^2 обозначает наследуемость, а не ее квадрат. Наследуемость количественного признака принято считать одним из важных его свойств. С его помощью можно прогнозировать селекционную ценность особей по их фенотипу.

Главная цель отбора сельскохозяйственных животных состоит в сдвиге среднего показателя селекционируемого признака в популяции. Такой сдвиг достигается отбором в исходной популяции высокопродуктивных животных с лучшими генетическими задатками для дальнейшего их использования и разведения и выбраковкой

низкопродуктивных особей, что приводит не только к сдвигу среднего показателя признака в популяции, но и изменяет ее генетическую структуру, то есть улучшает концентрацию и соотношение разных генотипов в сравнении с исходной популяцией.

При этом основная часть наследственной изменчивости количественного признака создается за счет аддитивной изменчивости, которая лежит в основе ее племенного отбора. Именно она вызывает генетическую связь между родителями и потомками, а также между другими родственными группами животных. Поэтому коэффициент наследуемости характеризует генетическое разнообразие популяции.

Принципиально имеется две группы методов определения коэффициента наследуемости: методы, основанные на использовании коэффициента корреляции между показателями родственников (мать-дочь, отец-сын, сибсы и полусибсы), и методы, основанные на использовании дисперсионного анализа.

Нужно отметить, что коэффициент наследуемости признака не является стабильным параметром. Его величина зависит от многих генетических и паратипических факторов, величины популяции, а также от уровня селекционной работы. Поэтому неудивительно, что приводимые коэффициенты наследуемости одного и того же признака сильно варьируют. Однако средние показатели коэффициента наследуемости разных признаков заметно отличаются друг от друга. Это свидетельствует о неодинаковой доле влияния наследственности и среды в формировании разных признаков.

Принято считать коэффициент наследуемости низким, если он не превышает 0,3, средним до 0,6 и высоким от 0,6 и выше. Высокие значения коэффициента наследуемости свидетельствуют о большом наследственном разнообразии признака в популяции и о том, что отбор, основанный на непосредственной оценке самого признака, то есть фенотипа, будет эффективным. Наоборот, при низкой наследуемости разнообразие животных по селекционному признаку вызвано в основном влиянием факторов среды, и, следовательно, массовый отбор в стаде будет малоэффективным.

Анализ данных о наследуемости некоторых признаков отбора показывает, что такие признаки, как надой скорость доения, плодовитость, тип телосложения, оплодотворяемость и другие характеризуются низкой наследуемостью, а признаки экстерьера, содержания МДЖ и МДБ в молоке, расход корма, прирост живой массы, площадь мышечного глазка, убойный выход, масса яиц и другие - высокой наследуемостью.

Значительный материал, накопленный по анализу наследуемости

признаков сельскохозяйственных животных, показывает, что величины этих коэффициентов для одних и тех же признаков в разных популяциях различны и что они зависят от степени наследственного разнообразия животных. Отсюда следует важный для селекционной практики вывод, что коэффициенты, полученные в каком-либо одном стаде, нельзя автоматически переносить на другое стадо и что в каждой популяции необходим самостоятельный анализ генетической структуры.

Анализируемые количественные признаки, как и любое физиологическое свойство организма, подвержены возрастной изменчивости. Изменение признака в процессе онтогенеза сказывается и на селекционной оценке животных, поэтому важно знать и взаимоотношение возрастной изменчивости и отбора. Как было отмечено, процесс индивидуального развития животных запрограммирован и генетической структуре зиготы, однако генетическая информация реализуется во времени. При этом процесс индивидуального развития регулируется действием генов и условиями среды.

Повторяемость. Для оценки относительного вклада среды в формирование признака в течение индивидуального развития животного используется другой генетический параметр - повторяемость признака, определяемый, как и наследуемость, на основе генетико-статистического анализа. Обычно под повторяемостью понимают степень соответствия между несколькими оценками животного по одному и тому же признаку, произведенными в разное время, например прирост одного и того же животного в разном возрасте, величина надоя, учтенного в разные месяцы лактации, настриг шерсти за смежные годы, многоплодность свиноматок за разные годы.

Повторяемость обычно измеряется коэффициентом корреляции между сопоставляемыми величинами признаков отбора. Коэффициент повторяемости обычно находится в пределах от 0 до 1 или от 0 до 100. В таблице 1 приведена характеристика повторяемости некоторых признаков сельскохозяйственных животных.

Практическое значение коэффициента повторяемости состоит в том, что он показывает, насколько правильно произведена оценка животного по тому или иному признаку, если последний учтен большее или меньшее число раз. Чем ближе будут показатели оценки, полученные в разное время, тем она точнее и тем меньшее число раз ее потребуется повторить. Наоборот, при низкой повторяемости признака приходится чаще учитывать его величину.

Таблица 11 – Повторяемость признаков отбора

Признак	Коэффициент повторяемости
Крупный рогатый скот	
Надой	0,30-0,50
Содержание МДЖ в молоке	0,46-0,76
Количество молочного жира	0,27-0,45
Содержание МДБ в молоке	0,54-0,79
Надой за 6 мес. и 305 сут. лактации	0,89-0,97
То же, по содержанию МДЖ в молоке	0,88-0,92
Масса при рождении и во взрослом состоянии	0,19
Живая масса в 8 и 16 мес.	0,43-0,50
Живая масса телят при отъеме (мясные породы) при реализации	0,39
Межотельный период	0,03-0,20
Индекс осеменения	0,04-0,12
Оплодотворяемость после первого осеменения	0,70-0,69
Сервис-период	0,04-0,15
Свиньи	
Плодовитость	0,10-0,30
Молочность маток	0,10-0,40
Крупноплодность	0,23
Масса гнезда в 2-мес. возрасте	0,44
Суточный прирост	0,30- 0,50
Затраты корма на прирост	0,12-0,40
Число жизнеспособных поросят при рождении	0,20-0,76
Толщина шпика	0,21-0,42
Овцы	
Живая масса	0,30-0,70
Настриг грязной шерсти	0,40-0,80
Выход чистой шерсти	0,50-0,80
Густота шерсти	0,30-0,50
Длина волокна	0,50-0,60
Высота штапеля	0,30-0,60
Живая масса за смежные годы	0,24-0,78
Длина шерсти	0,30-0,85
Тонина шерсти	0,24-1,0

Коэффициенты повторяемости и наследуемости взаимосвязаны между собой, так как они показывают относительный вклад генотипа и среды в изменчивость признаков. Оба коэффициента дают в общем одинаковую характеристику признака отбора.

С помощью коэффициента повторяемости можно не только оценить генетическое разнообразие признаков в стаде, но и выявить верхний предел наследуемости, его также можно использовать и в качестве критерия надежности и ранней оценки животных. Например, если по стаду коэффициент повторяемости величины надоя равен 0,50, то это означает, что в следующую лактацию продуктивность будет такой же, какая была установлена за одну из предыдущих лактаций. Далее, если группа коров, отобранных в племенное ядро, по средней продуктивности превышает производственную группу на 800 кг, она даст (при сохранении сходных хозяйственных условий) больше молока, однако не на 800 кг, а на величину, учитывающую вероятность повторения того же надоя ($800 \times 0,50 = 400$ кг). Если в аналогичном случае разность по содержанию МДЖ в молоке в среднем по стаду была 0,5%, а коэффициент повторяемости этого признака оказался равным 0,70, то в последующем разность между группами коров по жирномолочности составит величину, близкую к $0,35 \times (0,50 \times 0,70)$. Такие же расчеты легко произвести и по другим признакам у всех видов сельскохозяйственных животных и птицы.

Следовательно, зная величину генетического параметра признака для конкретной популяции, стада, отары, линии, группы и т. д., можно прогнозировать эффект селекции по признаку в зависимости от ее интенсивности, то есть числа оставляемых на племя животных. Повторяемость признаков, характеризующих количественные признаки продуктивности сельскохозяйственных животных, и точность оценки по этим признакам возрастают при выровненных условиях кормления и содержания животных.

Изменение любого свойства организма - явление не изолированное и неизбежно влечет за собой его общую перестройку, и прежде всего изменение тех признаков, которые находились в определенной и наиболее тесной функциональной связи с изменившимся свойством. Законы корреляции (Кювье) и соотносительной изменчивости (Ч. Дарвин) служат теоретической основой современных представлений о целостности организма и ограниченной устойчивости тех внутренних связей между различными свойствами, а также между физиологической деятельностью и отвечающим ей морфологическим строением, которые сложились в определенных условиях филогенеза.

Корреляция. Под корреляцией понимается взаимосвязь между вариантами одного или двух разных признаков. Различают корреляцию *генетическую*, вызванную плейотропным действием генов или их сцеплением; корреляцию *средовую*, обусловленную факторами среды; и

корреляцию *фенотипическую*, возникающую на основе действия генотипа среды. Для селекции особое значение имеет корреляция генетическая. Под генетической корреляцией понимают взаимосвязь между признаками, возникающими на основе эффекта генов. Генетическая корреляция обусловлена сцеплением или плейотропным действием генов. Она используется при отборе животных по комплексу признаков и для анализа связей между отдельными признаками. Она может быть положительной, отрицательной и нейтральной; высокой, средней и низкой. Количественным показателем степени корреляции является коэффициент корреляции, который колеблется от -1 до +1.

При селекции по какому-либо сложному физиологическому признаку важно определить степень и направление взаимосвязи его с другими признаками. Если наблюдается положительная корреляция между селекционируемыми признаками, то отбор животных по одному признаку автоматически ведет к улучшению другого признака. При отрицательной корреляции селекция на один признак приводит к ухудшению другого. Кроме того, взаимосвязь между признаками может отсутствовать. В этом случае отбор животных по основному селекционируемому признаку не затрагивает развития других признаков.

Следовательно, нельзя вести селекцию, не зная того вероятного эффекта, который независимо от нашего желания будет получен при одностороннем отборе. Только знание характера связей между важнейшими качествами отбираемых животных позволит правильно производить селекцию. Величины, характеризующие связь между некоторыми признаками отбора у сельскохозяйственных животных и птицы, приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Корреляция между признаками отбора

Коррелирующие признаки	Фенотипический коэффициент корреляции
Молочный скот	
Надой × МДЖ	От -0,01 до -0,38
Надой × количество жира	0,88-0,98
Надой × МДБ	От -0,02 до -0,25
Надой × количество белка	0,70-0,80
МДЖ × МДБ	0,32-0,65
Надой × живая масса	0,02-0,65
Надой × экстерьер	0,11-0,19
Обхват вымени × надой	0,43-0,72
Скорость доения × глубина вымени	0,32-0,52

Коррелирующие признаки	Фенотипический коэффициент корреляции
Мясной скот	
Живая масса × молочность	0,15–0,40
Живая масса × экстерьер	0,13–0,43
Масса при рождении × прирост до отъема	0,46
Живая масса × площадь «мышечного глазка»	0,30–0,60
Суточный прирост × конечная живая масса	0,77
Прирост после отъема × затраты корма на прирост	0,51–0,69
Масса при отъеме × прирост после отъема	От -0,22 до -0,40
Затраты корма × надой	0,70–0,90
Оценка по типу при отъеме × убойные качества	0,97
Масса телят при отъеме × молочность матерей	0,70
Овцы	
Масса тела × настриг шерсти	0,27–0,79
Масса тела × длина шерсти	0,31–0,36
Длина шерсти × тонина шерсти	0,23–0,40
Масса руна × длина шерсти	0,25
Масса тела × тонина шерсти	0,85
Масса тела при рождении × при отбивке	0,51
Масса тела при рождении × в годовалом возрасте	0,38–0,41
Свиньи	
Затраты корма × прирост	0,80
Длина туловища × содержание мяса в туше	0,10–0,33
Площадь «мышечного глазка» × выход мяса в туше	0,58–0,70
Толщина шпига × площадь «мышечного глазка»	0,38–0,58
Содержание ацетоновых тел в крови × многоплодие	0,67
Содержание летучих жирных кислот в крови × многоплодие	0,42
Содержание глобулина сыворотки крови в 3 мес. × многоплодие	0,33
Количество каталазы в крови × возраст достижения живой массы 100 кг	0,89
Содержание общего белка в крови × среднесуточный прирост	-0,24

Коррелирующие признаки	Фенотипический коэффициент корреляции
Содержание сахара в крови × среднесуточный прирост	-0,03
Куры	
Общая масса яиц × затраты корма	0,72–0,89
Число снесенных яиц × затраты корма	0,52-0,94
Затраты корма × живая масса	От-0,11 до-0,17
Затраты корма × потребление корма	От -0,23 до -0,25
Прирост бройлеров × затраты корма	0,72
Живая масса бройлеров × затраты корма	0,39
Масса яйца × общий белок крови	0,06
Масса яйца × общий кальций крови	0,23
Масса яйца × фосфопротеиды	0,21

По признакам типа телосложения, экстерьера, морфологии значения коэффициентов корреляции средние, а по селекционируемым количественным признакам незначительная, а в некоторых случаях и отрицательная связь. Так, взаимосвязь между надоем и жирностью молока имеет отрицательный характер. Если селекция ведется только по надое, то в этом случае следует ожидать снижения жирномолочности в стаде и наоборот. Поэтому еще раз важно подчеркнуть необходимость значения косвенного эффекта селекции при отборе по сопряженным признакам.

Косвенный отбор - форма отбора, при которой признаки не подвергаются прямой селекции. Эффективность косвенного отбора зависит от генетической корреляции между главным и неселекционируемым признаком и степени наследуемости последнего. Например, прямой отбор по надое или приросту повышает косвенно оплату корма молоком, выходом молочного жира и белка и конечной живой массой. Косвенный отбор можно проводить по фенотипическим показателям, чаще всего биохимическим, связанным с селекционируемым признаком, например белком, по которому в популяции существует полиморфизм, то есть различия между животными по данному признаку.

Знание закономерностей взаимосвязи между важнейшими хозяйственно полезными признаками необходимо при создании нового типа или новой породы животных.

Выведение новой породы животных связано с установлением нового типа корреляций хозяйственно полезных признаков, с ломкой и нарушением нежелательной корреляции. Например, повышение шерстной продуктивности у тонкорунных пород овец за счет

чрезмерного повышения складчатости кожи нежелательно, так как приводит к ослаблению конституции животных. Чрезмерное утончение шерсти обуславливается изнеженностью организма, измельчением животного. Поэтому улучшать шерстную продуктивность нужно за счет улучшения густоты шерсти и оброслости, а также увеличения живой массы животного. В этом случае образуются корреляции, которые одновременно повышают настриг, мясность и конституциональность животного.

В молочном скотоводстве возможно нарушение установившейся отрицательной корреляции надоя и основных компонентов молока, которая явилась следствием одностороннего отбора на молочность. Для этого необходима одновременная селекция по надою, белково и жирномолочности, что позволяет образовать новые положительные корреляции данных признаков вместо существующих нежелательных.

Е. А. Богданов (1923) писал, что путем племенного подбора можно резко изменить даже прочно сложившиеся соответствия признаков и создать взамен существующих корреляций между признаками животных новые соотношения, более удовлетворяющие потребности человека, в нужных случаях можно добиться даже определенного разрыва существующих в природе корреляций. Высказывание Е. А. Богданова подтверждено практикой селекционной работы по изменению взаимосвязей между селекционируемыми признаками в процессе улучшения существующих и создания более высокопродуктивных пород сельскохозяйственных животных и птицы.

Благодаря наследственности обеспечивается сходство между родственными животными, сохраняется относительное постоянство пород в сельскохозяйственной практике.

О величине изменчивости признака при селекции в стаде или популяции судят, в основном, по коэффициенту изменчивости C_v или среднему квадратичному уклонению δ .

Изменчивость признаков отбора. При взаимодействии генотипа и среды в природе возникает изменчивость хозяйственно полезных признаков, то есть способность организмов и их признаков изменяться под действием *наследственных и ненаследственных* факторов. Возникновение различий у животных разных поколений – это и есть изменчивость. Наряду с наследственностью и отбором изменчивость является основой эволюции и селекции. Различают изменчивость общую (фенотипическую), наследственную (генотипическую) и ненаследственную (средовую, модификационную); индивидуальную и групповую; прерывистую (альтернативную) и непрерывную; качественную и количественную; независимую, адаптивную

(приспособительную) и неадаптивную.

В конечном счете, в практике животноводства различают изменчивость *наследственную и ненаследственную*. К наследственной изменчивости относят мутации и комбинативную изменчивость. *Мутации* – это внезапно возникающие ненаправленные изменения генетического аппарата, включающие как переход генов из одного аллельного состояния в другое, так и различные изменения числа и структуры хромосом.

Мутации, возникающие в генеративных клетках (генеративные мутации), передаются по наследству, а мутации, происходящие в клетках (соматические мутации), у сельскохозяйственных животных не наследуются. Возникновение наследственных изменений (мутаций) обусловлено спонтанным (естественным) появлением или может быть вызвано различными физическими или химическими факторами.

Наследственные изменения выражаются в виде генных мутаций или хромосомных перестроек. Мутационная изменчивость характеризуется появлением у отдельных животных новых особенностей, которых не было у предков. Появившиеся новые свойства наследуются и проявляются у потомков. Мутации возникают в дикой природе и при разведении сельскохозяйственных животных. Так, например, в селекции животных экспериментальный мутагенез нашел практическое использование в шелководстве, где на его основе выведены линии, позволяющие получать потомство, состоящее только из самцов, коконы которых содержат больше шелка, чем коконы самок. Возникшие мутации могут быть полезными, нейтральными, но чаще возникают вредные мутации, от которых избавляются отбором.

Комбинации – это новые сочетания генов, возникающие в результате расщепления гибридов и рекомбинации генов. В животноводстве комбинация является основной формой наследственной изменчивости. Следовательно, комбинативная изменчивость возникает в результате скрещивания животных и используется для создания новых пород, линий и более ценных особей с удачными наследственными соотношениями. Этот тип изменчивости имеет первенствующее значение в селекционной практике.

Ненаследственная, или модификационная, изменчивость (модификация) - это наследственные изменения признаков организма (фенотипа), вызванные влиянием окружающей среды, таким как кормление, условия содержания и др. Эту изменчивость еще называют паратипической. Она проявляется у животных только данного поколения и не наследуется, то есть модификации представляют однозначные реакции организма на воздействие среды, когда одно и то

же воздействие вызывает одинаковую и определенную модификацию у всех подвергшихся этому воздействию животных. Если, например, молодые животные в период роста получают недостаточное количество корма, то они растут медленно и по достижении взрослого состояния имеют низкую живую массу. Их потомки при полноценном кормлении будут иметь типичную для данной породы энергию роста, то есть они не унаследуют от своих родителей медленный рост и низкую конечную живую массу.

Признаки, по которым проводится селекционный отбор, можно условно разделить на *количественные и качественные*. Признаки отбора, характеризующиеся непрерывной фенотипической изменчивостью и полигенным наследованием, называются мерными, или количественными. При скрещивании пород и линий, различающихся уровнем продуктивности, потомки имеют продуктивность, промежуточную между исходными формами, и у второго поколения нельзя обнаружить расщепления на фенотипические прерывистые группы, как это имеет место у качественных признаков. *Количественные* признаки, к которым относится большинство хозяйственно полезных признаков, во многом зависят от действия внешних факторов, и здесь особенно остро стоит проблема соотношения генотипической, в первую очередь аддитивной, и фенотипической изменчивости. Для изучения количественной изменчивости широко применяют статистику. На количественные признаки в основном опирается современная селекция животных и птицы.

Качественные признаки - это такие, между которыми существуют альтернативные различия. Так, гибриды, полученные от скрещивания животных с контрастными качественными признаками, проявляют лишь один признак. Качественные признаки обусловлены одним или несколькими генами и четко выражены в генотипе. При расщеплении они имеют определенный клан по фенотипу. Наследование качественных признаков происходит в соответствии с законами Менделя. Селекция животных по качественным признакам наиболее широко проводится в пушном звероводстве.

Как было отмечено выше, подавляющее большинство селекционных признаков обуславливается многими наследственными факторами (полигенами), взаимодействующими между собой. Взаимодействие полигенов часто носит аддитивный характер, то есть действие отдельных генов суммируется. Именно этим свойством характеризуется природа многих хозяйственно полезных признаков у сельскохозяйственных животных и птицы.

Величина коэффициента изменчивости некоторых признаков селекции находится в пределах, указанных в таблице 13.

Таблица 13 – Изменчивость параметров признаков отбора

Признак	Коэффициент изменчивости, %
Молочный и молочно-мясной скот	
Надой	15-25
Содержание МДЖ в молоке	5-10
Количество молочного жира	16-21
Содержание МДБ в молоке	5-8
Количество молочного белка	12-18
Скорость доения	32-37
Индекс вымени	12-15
Живая масса коров	10-15
Межотельный период	12-15
Индекс осеменения	60-70
Сервис-период	49-80
Овцы	
Живая масса взрослых овец	8-12
Складчатость кожи	22-45
Выход чистой шерсти	10-17
Свины	
Суточный прирост	13-18
Расход корма на прирост	11-15
Возраст при достижении живой массы 100 кг	12-19
Содержание мяса в туше	11-23
Плодовитость	14-18
Длина туловища	4-8
Толщина шпига	5,9-10,4
Откормочные качества	6,4-11,2
Убойные качества	6,7-13,8
Куры	
Яйценоскость в год	17,3
Яйценоскость за 4 месяца	27,2
Масса тела	11,2
Масса яиц	6,3

Анализ приведенных данных показывает, что изменчивость количественных признаков имеет большее абсолютное значение, чем качественных.

Так, по надою молока коэффициент изменчивости составляет 15-

25%, по скорости доения 32-37%, индексу осеменения 60-70%, сервис-периоду 49-80%, складчатости кожи у тонкорунных овец 22-45%, а по содержанию МДЖ в молоке всего 5-10%, МДБ 5-8%, длине туловища у свиней 4-8% и т. д.

При этом необходимо отметить, что малая изменчивость признака снижает эффективность отбора по нему. Слишком высокая изменчивость свидетельствует или о генетической неоднородности данной группы животных, или о большой зависимости данного признака от факторов внешней среды. Примерами модификации признаков в зависимости от внешних условий являются изменение яйценоскости птицы под влиянием длины светового дня, изменения качества меха у пушных зверей - от кормления и т. д. Важная особенность модификации состоит в том, что степень ее выражения пропорциональна силе и продолжительности воздействующего фактора, то есть чем интенсивнее и длительнее воздействие фактора, тем сильнее модифицируется фенотип организма.

Модификационная изменчивость широко распространена в животноводстве и оказывает существенное влияние на эффективность селекционной работы. При этом проявлению наследственных свойств способствуют правильное выращивание молодняка, хорошие условия кормления и содержания взрослых животных. Неудовлетворительные условия среды могут сгладить наследственные различия между животными, в результате чего в воспроизводящую группу (племядро) могут попасть наследственно худшие животные, что может снизить эффективность отбора.

Стандартное отклонение. Большинство хозяйственно полезных признаков отбора обнаруживают непрерывную изменчивость, которая в популяциях обычно соответствует нормальному распределению. Мерой распределения особей вокруг среднего значения по какому-либо признаку служит стандартное отклонение (δ). При нормальном распределении лимиты крайних значений обычно находятся в пределах $\pm 3\delta$.

Методы популяционной генетики базируются на квадрате стандартного отклонения, или дисперсии (δ^2). С ее помощью вычисляются наследственность, изменчивость, корреляции, повторяемость и т. д.

Контрольные вопросы:

1. Что такое наследственность.
2. Что такое наследование.
3. Что такое наследуемость.
4. Что такое повторяемость.

5. Что такое корреляция.
6. Что такое косвенный отбор.
7. Что такое изменчивость признаков.
8. Что такое мутации, мутационная изменчивость, возникновение мутаций.
9. Что такое комбинации генов.
10. Что такое ненаследственная или модификационная изменчивость.
11. Что такое стандартное отклонение.

12. ФАКТОРЫ ОБУСЛАВЛИВАЮЩИЕ ЭФФЕКТ СЕЛЕКЦИИ, АНАЛИЗ РОДОСЛОВНЫХ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИНБРИДИНГА

12.1. Инбридинг

Цель занятия: изучить понятия инбридинг, инбредная депрессия, аутбридинг

Инбридинг – спаривание животных, находящихся между собой в родстве. Инбридинг применяется главным образом для усиления гомогенности при отборе по отдельным признакам. Разведение в родстве представляет собой крайнюю форму однородного подбора, так как родственные животные в наибольшей степени сходны между собой по своим биологическим качествам. Они могут быть похожи и по фенотипу, но независимо от этого всегда относительно однородны по своим наследственным качествам. Инбридинг способствует наибольшей консолидации группы инбредных животных и тем самым сохранению и усилению желательных свойств исходных родительских форм.

Возрастание гомогенности при отборе ведет к проявлению имеющихся в исходной форме летальных и полуметальных генов. Основная причина положительных и отрицательных эффектов инбридинга – перевод при отборе в гомогенное состояние множества рецессивных аллелей, находящихся у особей популяции в гетерогенном состоянии. Эти аллели – следствие непрерывно происходящего в природе мутационного процесса. Во многих случаях возникшие мутации оказывают отрицательное воздействие от слабого до летального.

При инбридинге повышается вероятность спаривания при отборе животных, гетерогенных по одним и тем же отрицательно действующим рецессивным генам. У животных, полученных от такого отбора, увеличивается и возможность перехода последних в гомогенное состояние. Для определения степени инбридинга при отборе

устанавливают родство по родословной. Если в материнской и отцовской родословной встречается общий предок, значит, потомок получен в результате родственного спаривания.

При определении степени инбридинга при отборе, прежде всего учитывается генерация животных. *Генерация (поколение)* – это животные, одинаково отдаленные от общих по происхождению предков. Генерация при отборе используется для расчетов коэффициента родства и инбридинга. Поэтому определение степени по А. Шапоружу (1909) заключается в выявлении тех рядов предков, в которых имеется общий предок пробанда.

а) все ряды предков в родословной обозначают римскими цифрами в порядке нарастания от родителей пробанда к более отдаленным предкам. При этом родительская генерация (поколение) считается (I), дедовская (II), прадедовская (III) и т. д.

б) записывают римскими цифрами те ряды предков, в которых повторно встречается тот же порядок (то же животное). При записи родственного спаривания на этого предка первой пишут римскую цифру, обозначающую предков, в котором он встречается в материнской (левой) половине родословной. Затем ставят тире, означающее линию, которая делит родословную на левую материнскую и правую отцовскую половины. После тире пишут римскую цифру, указывающую ряд, в котором этот же предок находится в отцовской половине.

Например, запись II – III означает, что общий предок встречается в материнской половине родословной во втором ряду предков, а в отцовском – в третьем.

Если общий предок в материнской или отцовской половине родословной встречается несколько раз, то пишут разделенные запятой римские цифры, обозначающие ряды, в которых он встречается в материнской половине родословной, а затем (после тире) и римские цифры, означающие ряды, в которых он же встречается в отцовской половине родословной.

Так, запись III, III – IV, V свидетельствует о том, что у пробанда общий предок встречается в материнской половине родословной дважды в третьем ряду, а в отцовской – в четвертом и пятом рядах.

В том случае, когда общий предок повторяется (встречается) только в одной половине родословной, а в другой его нет, при записи с той стороны (от тире), где нет этого общего предка, ставят ноль, а с другой – цифры, указывающие ряды предков, в которых он встречается. В частности, запись 0 – II, III означает, что в данном случае путем родственного спаривания был получен не пробанд (его мать и отец не

имеют общих родственников), а один из его родителей (в нашем примере – отец).

Используя способ записи инбридинга по рядам предков, можно определить и степень родства спариваемых животных по классификации, предложенной Пушем (в зависимости от наличия и близости повторяющихся предков генетические последствия инбридинга также будут разными):

В зависимости от ряда предков в родословной, где встречается общий предок, различают следующие степени инбридинга по Шапоружу: кровосмешение (*очень тесный инбридинг*) – II × II (полный брат и сестра полусибсы), I × III (бабушка-внук), III × I (внучка-дед); *близкий инбридинг* – III × II, II × III, III × III; *умеренный инбридинг* – общий предок встречается в поколениях III × IV, IV × IV, IV × I; *отдаленный инбридинг* – V × V, V × VI.

Для сравнения оценки близости родства академик М.Ф. Иванов обобщил ряд классификаций и ввел следующие типы родственного разведения: тесное родственное разведение, близкое родственное разведение, умеренное родственное разведение, отдаленное родственное разведение.

Тесное родственное разведение (инбридинг) – когда спаривают наиболее близких родственников (отца с дочерью, мать с сыном, брата с сестрой) тип разведения: I-II, II-I, II-II, I-III, III-I.

Для наглядности можно привести такой пример, корова – Ласточка

Отец - Буян

Мать - Зорька

Дед по отцу - Добрый

Бабка по отцу – Зорька

Дед по матери – Бравый

Бабка по матери – Ясная

В приведенном случае простого родственного разведения 2 раза повторяется один и тот же предок – Зорька: один раз она встречается в первом поколении (мать Инги), во второй раз – во втором (она же бабка по отцовской линии, т.е. семенем Буяна была осеменена его мать). Указанный случай обозначают II-I

Близкое родственное разведение – спаривание между собой детей братьев или сестер, братьев с детьми, их братьев и т.д. Степень родственного разведения у полученного таким образом потомства обозначают: III-III, II-III, III-II, I-IV, IV-I.

Для наглядности можно привести такой пример: бык Вольный

Отец – Бравый

Мать – Туча
 Дед по отцу – Аргон
 Бабка по отцу – Арма
 Дед по матери – Чарли
 Бабка по матери – Прима
 Прадед по деду отца – Ассо
 Прабабка по деду отца – Диза
 Прадед по бабке отца – Дионис
 Прабабка по бабке отца – Элли
 Прадед по деду матери – Дионис
 Прабабка по деду матери – Хеппи
 Прадед по бабке матери – Дукс
 Прабабка по бабке матери – Инна

Считается, что близкое родственное разведение на крепких и здоровых животных с хорошей наследственностью практически не снижает жизнеспособность потомков. Но все же очень важно устранять из племенной работы всех животных, которые не удовлетворяют стандарту. Применяется это разведение при линейном разведении, закрепляя и усиливая особенности выдающихся предков.

Умеренное родственное разведение (лайнбридинг) – спаривание животных, находящихся в отдельном родстве между собой: I-V, V-I, III-IV, IV-III, II-V, V-II, I-VI, VI-I, IV-IV.

Отдаленное родственное разведение – спаривание животных, находящихся в отдельном родстве между собой. Отдаленное родственное разведение обозначают: III-V, V-III, II-IV, IV-II, I-VII, VII-I.

При оценке степени родственного разведения не ограничиваются только учетом близости предка в поколениях родословной, но учитывают и его индивидуальные особенности, возраст и условия кормления и содержания.

Степень инбридинга может быть выражена коэффициентом инбридинга по способу Райта в модификации Кисловского. Этот способ основан на определении возрастания гомогенности пробанда по формуле:

$$F_x = \sum \left[\left(\frac{1}{2} \right)^{n_1+n-1} (1 + fa) \right] \times 100;$$

где F_x – коэффициент инбридинга, %; n_1 и n – ряды родословной, в которых встречается повторяющийся предок со стороны матери n и отца n_1 ; fa – коэффициент инбридинга для общего предка (полученного путем родственного спаривания), выраженный в десятичных долях единицы;

Σ – знак суммирования.

Степень инбридинга выражается в долях единицы (от 0 до 1) или в процентах. Величина этого коэффициента равна нулю в том случае, когда в популяции не применяют спаривания при отборе между родственниками. Данный коэффициент позволяет сравнить генетический эффект при разной степени инбридинга, который показывает изменения в гомогенности, происходящие в среднем при данной форме отбора при сравнении с исходным состоянием популяции.

Интенсивность возрастания гомогенности при одном и том же коэффициенте инбридинга зависит от генетической структуры исходного материала. Если, например, коэффициент инбридинга равен 12,5%, то это значит, что при данной форме отбора гомогенность увеличивается в среднем на 12,5% по сравнению с той величиной, которая была в среднем в этой группе.

Установлено, что между действием тесного и умеренного инбридинга имеются значительные различия. Тесный инбридинг приводит к быстрому возрастанию гомогенности, а умеренный повышает ее в незначительной степени. Инбридинг, особенно при частом его повторении, обуславливает генетическое сходство потомков с тем родственником, на которого он применяется. Так, в зависимости от степени родства коэффициенты инбридинга будут иметь следующие значения: очень тесный – более 25%; тесный – 25%; близкий – 12,5 и 6,25%; умеренный – 3,12%, 1,56 и 0,78%; отдаленный – 0,39% и меньше.

В зависимости от близости родства отобранных для спаривания животных степень инбридинга также будет различной. Коэффициенты инбридинга при различных способах отбора приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Коэффициенты инбридинга при различных способах отбора

Генерация (поколение)	Спаривание полных сибсов	Спаривание полусибсов
I	25,0	12,5
II	37,5	21,9
III	50,0	30,4
IV	59,4	38,0
V	67,2	44,9

Биологическая сущность и практическая значимость инбридинга сводятся к закреплению желательной наследственности, повышению

гомогенности и наследственной устойчивости (препотентности) инбредного потомства. Однако достижение этой цели посредством инбридинга часто связано с риском снижения жизнеспособности потомства при отборе, то есть с явлением инбредной депрессии.

Инбредная депрессия. Под *инбредной депрессией* понимают вырождение, снижение продуктивности, жизнеспособности животных в результате применения близкородственного подбора животных. Установлено, что инбредная депрессия сильнее всего оказывает влияние на признаки с низкой наследуемостью и определяющие приспособленность животных - плодовитость, жизнеспособность и способность к адаптации. При инбредной депрессии снижается резистентность, проявляются нежелательные рецессивные аллели вследствие возрастающей гомогенности, что приводит к снижению эффекта селекции в животноводстве.

Однако в практике животноводства инбридинг сознательно применяют несколько столетий, так как он позволяет наиболее рационально совершенствовать породы при чистопородном отборе. П. И. Кулешов (1890) и М. Ф. Иванов (1936) рассматривали инбридинг как ярко выраженный метод однородного отбора и быстрого закрепления желательного качества животного.

В куроводстве в связи с интенсификацией отрасли все стада представляют собой продукт скрещивания определенных линий. В создании их в ряде поколений использован инбридинг, нередко очень тесный, сопровождаемый жесткой селекцией на максимальное развитие определенных признаков, играющих большую роль в достижении высокой яичной или мясной продуктивности.

Методы использования инбридинга в молочном скотоводстве, коневодстве, овцеводстве и даже свиноводстве пока не дают таких ощутимых результатов, как в куроводстве. Это, видимо, можно объяснить прежде всего тем, что перечисленные виды животных отличаются от кур гораздо меньшей продуктивностью, значительно более медленной сменой поколений, большим отрицательным влиянием инбридинга матери на жизнеспособность и продуктивность ее потомства, даже если оно получено от спаривания с неродственным ей самцом.

На основании достижений современной биологической науки и практики животноводства в селекции определились основные принципы применения инбридинга с целью уменьшения его наследственных последствий. Основные из них следующие:

1) инбридинг близких степеней не должен применяться в промышленных хозяйствах;

2) в племенных хозяйствах, где занимаются совершенствованием существующих и созданием новых пород животных, использование инбридинга разных степеней может оказаться полезным, а в ряде случаев – необходимым.

Для уменьшения действия инбредной депрессии при отборе необходимо соблюдать следующие условия:

1. Допускать применение инбридинга только на выдающихся предков.

2. Вести инбридинг не только на выдающегося предка, но и на лучших его потомков – дочерей, полусестер или внуков.

3. Животные, используемые для близкородственного спаривания, должны быть конституционально крепкими, без пороков.

4. Не следует непрерывно применять родственные спаривания близких и умеренных степеней. При необходимости повторения близкого инбридинга его чередуют с аутбридингом.

5. Применять инбридинг только в тех хозяйствах, где созданы хорошие условия кормления и содержания животных.

6. Отбирать для спаривания только тех родственных животных, которые выращены в различных климатических условиях, что заметно снижает вредные последствия инбридинга.

Аутбридингом называют спаривание животных, не состоящих между собой в родстве. Аутбридинг повышает гетерогенность потомков, объединяет в гибридных животных аллели, существующие у родителей. Аутбридинг используется для объединения ценных качеств линий и пород и для избежания депрессии, вызываемой инбридингом. Он позволяет одновременно повысить устойчивость передачи наследственных качеств и получать животных желательных типов с высокой жизнеспособностью.

Задание 1. На основании материалов, приведенных в таблицах, составить план подбора маток к баранам-производителям с учетом настрига шерсти, ее густоты, длины и живой массы животных. План подбора должен быть обоснован указанием конкретных недостатков маток той или иной группы, которые предполагается устранить у потомства влиянием на него производителями желательного типа.

Таблица 15 – Характеристика баранов – производителей _____ породы, используемых для подбора к ним маток той же породы

Номер по ГПК	Продуктивность			Данные бонитировки			
	в возрасте (лет)	масса животных (кг)	настриг шерсти (кг)	густота шерсти	длина шерсти (см)	толщина шерсти (качество)	Общая оценка (нулями)
146	4	110	24,8	ММ	9,0	64	0000+

152	4	110	21,0	ММ	9,0	64	00000
153	2	97	20,1	ММ	9,5	64	00000-
158	3	88	19,7	ММ	10,5	64	00000
174	3	90	18,7	ММ	9,0	64	00000
245	3	84	19,8	ММ	10,0	64	00000-
256	3	92	19,8	ММ	8,5	64	00000
276	3	98	18,7	ММ	10,0	64	00000
284	3	95	20,2	ММ	10,0	64	00000
33333	3	94	20,0	ММ	11,5	64	00000

Таблица 16 – Характеристика маток _____ породы,
используемых для подбора к баранам-производителям той же породы

Номер по ГПК	Продуктивность			Данные бонитировки			
	в возрасте (лет)	масса животных (кг)	настриг шерсти (кг)	густота шерсти	длина шерсти (см)	толщина шерсти (качество)	Общая оценка (нулями)
1895	4	52	9,0	М+	10,0	64	0000
1901	3	50	7,3	М+	9,0	64	0000
1934	2	54	11,1	М	9,5	64	0000+
1938	2	55	11,1	ММ	9,5	64	0000+
1941	2	57	7,6	ММ	11,0	64	00000
1946	2	54	8,5	ММ	8,5	64	0000
1948	2	50	10,9	ММ	9,0	64	0000
1957	2	52	11,8	М+	9,5	64	0000
1962	2	50	6,9	М	10,0	64	0000+
1975	2	50	10,3	М	8,5	64	0000

Таблица 17 – Вспомогательная таблица значений $\frac{1}{2}$, возведенной в степень

Степень в которую нужно возвести $\frac{1}{2}$	Значение $\frac{1}{2}$ возведенной в данную степень	Значение $\frac{1}{2}$ возведенной в данную степень, %
1	0,5	50
2	0,25	25
3	0,125	12,5
4	0,0625	6,25
5	0,03125	3,12
6	0,0156	1,56
7	0,0078	0,78
8	0,0039	0,39
9	0,0019	0,19
10	0,0009	0,09

12.2 Расчет коэффициента генетического сходства по формуле С. Райта на основе анализа родословных

Цель занятия: уяснение значения коэффициента генетического сходства, овладение техникой расчета этого коэффициента по формуле С. Райта на основе анализа родословных и приобретение навыков его использования в практике племенной работы.

Методические указания. При интенсивном использовании выдающихся животных, главным образом производителей, между отдельными особями и группами их в породе в связи с общностью происхождения устанавливается, и общность по некоторой части генов. Такая общность между двумя животными или целой группой их по некоторой части генов называется их генетическим сходством (от англ. Relationship – родство).

Степень генетического сходства между животными устанавливают на основе анализа их родословных, в которых встречаются повторяющиеся предки. В практике животноводства ценные качества выдающихся производителей и маток (родоначальников линий и семейств) стремятся распространить через их потомков на определенную часть породы. Это достигается продуманной и обоснованной формой подбора родительских особей с учетом их происхождения, благодаря чему генетическое сходство потомков с родоначальниками или нескольких животных друг с другом возрастает.

Расчленение породы на такие качественно своеобразные группы животных (с высоким генетическим сходством) позволяет с успехом использовать кроссы линий и обеспечивать дальнейшее совершенствование породы в целом.

Генетическое сходство представителей какой-либо породы (стада, линий и т.д.) определяется сходством по генотипу отдельной, наугад взятой особи с другой такой же случайной особью из той же породы. Учитывается при этом сходство как по гомозиготным, так и по гетерозиготным сочетаниям генов. О генетической однородности породы судят на основании генетического сходства большого числа таких «случайных пар». Чем выше генетическое сходство любых двух особей, тем с большим успехом (надежнее) можно использовать показатели одной особи для оценки другой.

С. Райт предложил формулу, которая дает возможность на основе анализа родословных количественно определить меру увеличения генетического сходства родственных животных при той или иной форме подбора. Изучив родословные, по формуле можно установить

вероятность сходства по генотипу как отдельных животных друг с другом, так и с каким-либо выдающимся предком. Вычисленное генетическое сходство при достаточно большом количестве родословных позволяет получить представление о генетической однородности животных изучаемой группы (линии, стада, породы) в целом. **Формула Райта** имеет следующий вид:

$$R_{xy} = \frac{\sum[(1/2)^{n+n_1} \times (1 + f_a)]}{\sqrt{(1 + f_x) \times (1 + f_y)}}$$

где R_{xy} – коэффициент генетического сходства между животными x и y (выражается в долях единицы или в процентах);

n – ряд в родословной животного x , в котором встречается общий предок A (по которому устанавливают генетическое сходство между животными x и y . Этот предок имеется в родословной одного и другого животного);

n_1 – ряд родословной животного y (т.е. в другой родословной), в котором встречается тот же общий предок A ;

f_x – коэффициент возрастания гомозиготности для животного x (в долях единицы);

f_y – коэффициент возрастания гомозиготности для животного y (в долях единицы);

f_a – тот же коэффициент (в долях единицы) для их общего предка A (если таковой имеется), который сам был получен в результате инбридинга.

Из формулы следует, что ее числитель почти не отличается от коэффициента инбридинга; лишь в показателе степени отсутствует единица. Она отсутствует потому, что генетическое сходство не связано с гомозиготностью: оно может быть и по гомозиготным комбинациям и по гетерозиготным, т.е. шансы на попадание к пробанду любых генов общего предка больше, чем шансы попадания одноименных генов (в гомозиготном состоянии).

В случае, когда сравниваемые между собой животные X и Y имеют лишь одного общего предка A и все предки не инбридированы, формула коэффициента генетического сходства упрощается.

Так как f_a, f_x, f_y равны 0, то

$$R_{xy} = \frac{\sum[(1/2)^{n+n_1} \times (1 + 0)]}{\sqrt{(1 + 0) \times (1 + 0)}} = \sum (1/2)^{n+n_1}$$

Коэффициент генетического сходства отражает шансы на сходство по генотипу отдельных особей друг с другом или с выдающимся

предком (по родословной). Коэффициент этот между неродственными особями равен нулю, а для двух родственных особей он может колебаться от 0 до 1. Одновременно коэффициент генетического сходства четко вскрывает генетические последствия разных форм подбора (степени инбридинга).

Приступая к вычислению возрастания генетического сходства, следует составить, а затем тщательно просмотреть родословные двух (или нескольких) интересующих нас животных и: 1) выяснить, встречаются ли в них общие предки; 2) отсчитать поколения, в которых они встречаются; 3) вычислить коэффициенты f для этих общих предков, если они инбридированы; 4) подставить все полученные значения в формулу и произвести соответствующие математические действия.

13. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРУПП КРОВИ И ПОЛИМОРФНЫХ БЕЛКОВЫХ СИСТЕМ В СЕЛЕКЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

13.1 Группы крови, системы групп крови и их использование в практике животноводства

В последнее десятилетие важное место в интерьерных исследованиях заняло изучение групп крови и других полиморфных систем крови (а также молока) животных. Начало учению о группах крови было положено врачами-медиками, еще в прошлом столетии заметившими, что при переливании крови одного человека другому иногда происходит агглютинация (склеивание) эритроцитов, приводящая к тяжелым осложнениям и даже смерти больного. В начале XX века Ландштейнер, Янский и другие ученые установили, что это явление зависит от наличия в сыворотке крови особых веществ белкового характера - антител. Дальнейшее изучение этого вопроса привело к возникновению науки иммунологии. С 1910 г. начали проводить изучение иммунологических явлений у крупного рогатого скота и у сельскохозяйственных животных других видов.

Группа крови обусловлена наличием на поверхности эритроцитов крови одного и более антигенов, которые находятся под генным контролем и передаются потомкам от родителей по наследству. Учение о группах крови сводится в кратком изложении к следующему. Когда в кровь животного попадают чужеродные (то есть не свойственные данному животному) белки или иные высокомолекулярные соединения, то для их обезвреживания организм вырабатывает специфические

защитные антитела. Вещества же, вызывающие образование антител, принято называть антигенами. У сельскохозяйственных животных наиболее хорошо изучены антигены (или так называемые факторы крови), расположенные в оболочках эритроцитов, а также вырабатываемые против них антитела. Несмотря на то, что химический состав антигенов и антител исследован еще недостаточно, взаимодействие между ними изучено весьма детально. Оно протекает чаще всего в виде реакций гемолиза и агглютинации. Если смешать в пробирке эритроциты одного животного с сывороткой крови другого животного, в которой имеется одно или несколько антител против антигенов, находящихся в этих эритроцитах, то при соответствующих условиях антитело свяжется с антигеном, что вызовет разрушение оболочек эритроцитов. Произойдет гемолиз, то есть выход гемоглобина из разрушенных эритроцитов в сыворотку крови, вследствие чего она окрасится в интенсивно красный цвет. Такая реакция называется гемолитическим тестом (гемолитической пробой).

Для протекания гемолиза необходимы определенная температура (20-26°) и присутствие в пробирке комплемента - вещества не выявленного пока состава, содержащегося в большом количестве в сыворотке крови кроликов и морских свинок.

Гемолиз является основным типом реакции между антителами и антигенами у крупного рогатого скота и овец. Взаимодействие антигена и антитела может приводить также к агглютинации (склеиванию) эритроцитов. Реакция агглютинации применяется при исследовании групп крови у лошадей, свиней, кроликов и кур. Во всех случаях важнейшим свойством антител является их специфичность. Антитело всегда реагирует только со «своим» антигеном, против которого оно выработано, и не реагирует ни с какими другими антигенами; то же можно сказать и об антигене. Такая высокая специфичность и дает возможность проводить анализ групп крови с большой точностью.

Антитела делятся на естественные и иммунные. Естественные антитела содержатся в крови животных (а также человека) с самого рождения или образуются в течение короткого периода после рождения и присутствуют в организме большей частью в течение всей его жизни. К этой группе принадлежит несколько антител крупного рогатого скота, лошадей и свиней. Естественные антитела встречаются далеко не у всех животных данного вида, они немногочисленны и поэтому играют в учении о группах крови весьма ограниченную роль. Гораздо большее значение имеют иммунные антитела, которые удается получать посредством иммунизации животных, то есть введения эритроцитов одних животных (доноров) в кровяное русло или в мускулы других

животных (реципиентов). После нескольких инъекций в сыворотке крови реципиента появляются иммунные антитела, выработанные организмом против соответствующих антигенов донора. Конечно, антитела образуются только против тех антигенов, которых нет в эритроцитах самого реципиента. Антигены донора, имеющиеся и у реципиента, не являются для последнего «чужими» веществами, и поэтому против них не вырабатываются антитела.

Донор и реципиент лишь в редких случаях отличаются друг от друга каким-либо одним антигеном. В большинстве случаев в эритроцитах донора имеется несколько антигенов, которых нет у реципиента. Вследствие этого в организме реципиента вырабатывается не одно антитело, а несколько, против всех «чужих» антигенов, и сыворотка его крови дает гемолитическую реакцию не с одним антигеном, а с несколькими. Такая сыворотка называется сырой сывороткой, и для анализа групп крови она непригодна. С целью удаления ненужных антител ее подвергают абсорбции, то есть последовательно смешивают с эритроцитами, содержащими соответствующие антигены, которые связываются с этими антителами (гемолиза при этом не происходит, так как к сыворотке не добавляют комплемент). После такой обработки в сыворотке остается антитело только против одного фактора крови. Такая сыворотка называется специфической антисывороткой и является чувствительным реагентом, с помощью которого в эритроцитах любого животного данного вида (а иногда и других видов) можно обнаружить наличие соответствующего антигена. Специфические сыворотки можно хранить в замороженном или высушенном виде в течение длительного времени.

До настоящего времени в эритроцитах крупного рогатого скота выявлено около 100 факторов крови, которые обозначаются большими буквами латинского алфавита. Когда алфавит был исчерпан, стали обозначать факторы буквами с апострофом или штрихом (например, A') или цифрами (X_1 , X_2 , X_3). Большинство этих факторов было открыто посредством иммунизации животных.

При изучении наследования групп крови установлена важная закономерность: потомки могут иметь только такие факторы крови, которые есть хотя бы у одного из его родителей; если у потомка имеется хотя бы один фактор, которого нет ни у отца, ни у матери, это означает, что происхождение данного животного установлено по записям неверно. К этому нужно еще добавить, что у потомка совершенно не обязательно должны быть все факторы, имеющиеся у родителей; если родители являются гетерозиготными по каким-либо из факторов, эти антигены потомок может и не унаследовать. Если бы потомки

наследовали все антигены родителей, то у всех особей данного вида имелся бы полный набор факторов крови и иммуногенетический анализ происхождения животных был бы невозможен.

Указанная закономерность и лежит в основе проверки происхождения животных путем анализа групп крови. У потомка и его предполагаемых родителей берут небольшое количество крови (по 10 мл), отделяют при помощи центрифугирования эритроциты, готовят 2%-ную суспензию в физиологическом растворе, производят определение имеющихся в эритроцитах антигенов. Для этого каплю суспензии эритроцитов смешивают в отдельных пробирках с двумя каплями каждой специфической сыворотки и каплей комплемента. Наличие гемолиза в пробирке свидетельствует о том, что в эритроцитах имеется этот антиген; если гемолиза нет, то эритроциты данного антигена не содержат. После окончания анализа сравнивают наборы факторов крови потомка и его родителей и делают тот или иной вывод о происхождении животного. В настоящее время на многих зарубежных станциях искусственного осеменения используют быков, происхождение которых проверено путем анализа группы крови. Если вспомнить, что от быка получают за год несколько тысяч потомков и что ошибки в племенных записях о происхождении быков могут привести к большим ошибкам в племенной работе, становится очевидной важность такой проверки.

Наследование факторов крови у каждого вида животных контролируется несколькими генами. Большинство факторов крови наследуется по типу аллеломорфных признаков: наличие в хромосомах различных аллелей обуславливает наследование тех или иных антигенов. При этом факторы крови могут наследоваться как поодиночке, так и целыми группами или комплексами, включающими от 2 до 8 антигенов каждая. Так, например, передается по наследству как обособленная единица группа факторов BO1QT1 дающая гемолитическую реакцию со специфическими сыворотками: анти-B, анти-Q1, анти-Q и анти-T1. Такие, наследуемые как одно целое, факторы получили название групп крови. Группа крови может состоять из одного или нескольких факторов. Отсюда следует, что в иммунологии сельскохозяйственных животных понятие группы крови несколько отличается от привычного для нас понятия, принятого в медицине.

Каждый ген (точнее, группа аллелей, находящихся в определенном локусе определенной хромосомы) управляет наследованием одной системы крови, включающей от одного до нескольких десятков факторов крови, которые, как уже было сказано,

могут образовывать комплексы или группы. У крупного рогатого скота выявлено 11 систем крови. Наиболее простые системы: J, L, N и Z; каждая из них состоит из одного фактора крови. Генотипически эти системы могут быть представлены в виде трех возможных комбинаций: животные-гомозиготы, имеющие в каждой из парных хромосом ген данного фактора (например, L/L); гетерозиготы с наличием гена в одной хромосоме и при отсутствии его в другой (обозначение L/-) и, наконец, животные, у которых данный ген полностью отсутствует (-/-). По существу к таким системам можно отнести и систему M, состоящую из двух подгрупп - m₁ и M₂.

Система Z интересна в том отношении, что разработаны специфические антисыворотки, которые позволяют различить животных гомозиготных по фактору Z (Z/Z) и гетерозиготных (Z/-). Система FV состоит из двух факторов, которые могут встречаться в комбинациях F/F, F/V, V/V. Из двух факторов состоит также система R'S'.

Система A включает в себя четыре фактора, система SU - пять. Гораздо более сложной является система C, состоящая из десяти антигенов, комбинации которых могут составлять 35 групп крови. Самая сложная система - это система B, включающая свыше 40 антигенов, которые могут образовать около 300 групп крови; каждая из них содержит от 1 до 8 факторов (например, BGK, BO₂Y₂, D').

Определение групп крови, входящих в систему B и C, дает больше всего данных для племенного анализа и при установлении происхождения животных. Наличие многочисленных групп крови создает возможность для образования огромного числа комбинаций аллелей, вследствие чего животные, у которых группы крови совершенно одинаковы, практически не встречаются. Исключение составляют лишь однойцевые двойни, имеющие одинаковый тип крови (то есть совокупность всех групп крови). В литературе принято обозначать ген соответствующей группы крови большой буквой системы с обозначением аллеля, написанным рядом сверху. Например, аллель группы крови BO₁Y_oD' системы B обозначается как BBO₁Y₂D У овец установлено семь систем крови, у свиней - 16, у лошадей - 8, у кур - 14.

Поскольку учение о группах крови животных еще очень молодо, исследователи продолжают открывать новые антигены и системы крови. Работа по изучению и практическому применению групп крови возможна только в условиях хорошо оборудованной лаборатории, при достаточно большом количестве животных (взрослых или молодых) для иммунизации и получения специфических сывороток. У

иммунизированных животных приходится брать много крови (4--5 л) для приготовления сывороток, поэтому с этой целью ценных маток и производителей стараются не использовать.

13.2 Иммуногенетический контроль достоверности происхождения у животных по антигенам крови

С 1983 г. в стране вводится обязательный контроль происхождения производителей иммуногенетическим методом при отборе их для племенных целей. Приобретение знаний и навыков в проведении контроля за происхождением животных – одна из важных задач в практической работе селекционера.

Иммуногенетика представляет собой раздел генетики, изучающий наследственность антигенов, антител и особенности их взаимодействия.

Антигенами называют вещества, которые при их введении в организм вызывают образование специфических веществ, антител.

Антитела образуются из гамма – глобулина в особом классе лимфоцитов под воздействием антигенов.

Молекула антитела своей поверхностью связывает антиген и старается его нейтрализовать или изолировать. Наличие реакции антитело – антиген лежит в основе генетической несовместимости тканей, заканчивающейся отторжением.

Антигены наследственно обусловлены, следовательно, в потомстве обнаруживаются лишь те антигены, которые были у их родителей.

В организме в течение эмбрионального и постэмбрионального развития идет создание антител с конструкцией поверхности не комплиментарной (не идентичной) любому из антигенов данного организма. В результате чего, собственные антигены не связываются в организме собственными антителами. Антитела реагируют только на чуждые антигены при их введении в организм.

Одним из главных путей практического применения иммуногенетики в животноводстве является контроль за достоверностью происхождения потомков при помощи групп крови.

Группа крови – это один или несколько антигенов, расположенных на поверхности эритроцитов крови. Группы крови наследуются по законам Г. Менделя и не изменяются в течение всей жизни.

Системы групп крови включает две и более групп крови, которые обусловлены серией аллелей одного и того же гена. При помощи моноспецифических сывороток выявлено ряд систем групп крови: у крупного рогатого скота – 12, свиней – 17, овец – 16, лошадей – 9, кур –

14, кроликов – 12. Антигены обозначаются заглавными латинскими буквами А, В, С.

Установление достоверности происхождения потомков. Во многих племенных хозяйствах разводящих сельскохозяйственных животных, большинство получаемого молодняка имеют неправильные записи о происхождении по отцу или по матери. Причины – недостаток в работе племучетчиков по искусственному осеменению, неправильное чтение номеров или их потеря. Но самое главное, это повторное осеменение животных спермой разных производителей. Проверка правильности происхождения особенно важна в условиях массового использования искусственного осеменения, так как ошибки могут быть следствием нарушения технологии. Поэтому учет достоверности происхождения на основе показателей групп крови является обязательным биотехнологическим элементом правильной организации воспроизведения животных и племенной работы.

При установлении достоверности происхождения потомков существует ряд правил:

1. Определяют наличие антигенов у потомка, матери и предполагаемых отцов.

2. Антигены, имеющиеся у матери, не могут быть использованы для определения отцовства.

3. Те антигены, которые есть хотя бы у двух из предполагаемых отцов, нельзя использовать для установления отцовства.

4. Отцовство может быть установлено по тем антигенам, которые есть у потомка, у одного из предполагаемых отцов, но отсутствуют у матери.

5. Для определения материнства могут быть использованы антигены, отсутствующие у отца.

6. Отсутствие или наличие антигенов у обоих родителей не является доказательством анализа происхождения потомков.

Для примера проведем иммуногенетический анализ с целью установления отцовства у поросят, полученных от двойного покрытия.

Антигены	Aa	Fa	Fb	Fd	Fe	Ff	Ta	Gb	Hb	Ka	Kb	La
Свиноматка	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
Хряк 327	-	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	+
Хряк 316	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-
Поросенок 1361	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-
Поросенок 1362	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-
Поросенок 1363	-	-	+	+	+	-	+	-	-	+	-	+

Примечание: знак + - наличие антигена; знак – - его отсутствие

1. Поросенок 1361.

По антигену Aa – нельзя, есть у матери и отца;

Fd – нельзя, есть у обоих предполагаемых отцов;

Fe – нельзя, есть у матери и предполагаемого отца;

Gb – отец, хряк 316;

Hb – нельзя, есть у матери и отца.

Вывод: отец хряк 316.

2. Поросенок 1362.

По антигену A – нельзя у матери и отца;

Fd – нельзя, есть у обоих предполагаемых отцов;

Fe – нельзя, есть у матери и отцов;

Ff – нельзя, есть у матери и отца;

Gb – отец, хряк 316;

Hb – нельзя, есть у матери и отца;

Ka – нельзя, есть у матери и отцов.

Вывод: отец хряк 316.

3. Поросенок 1363.

По антигену Fb – отец хряк 327;

Fd – нельзя, есть у обоих предполагаемых отцов;

Fe – нельзя, есть у матери и у отцов;

Ta – отец хряк 327;

Ka – нельзя, есть у матери и предполагаемых отцов;

La – отец, хряк 327.

Вывод: отец хряк 327.

Задания

1. Установить отцовства у поросят, полученных от двойного покрытия

Антигены	Aa	Fa	Fb	Fd	Fe	Ff	Ta	Gb	Hb	Ka	Kb	La
Свиноматка	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
Хряк 327	-	+	+	+	+	-	+	-	-	+	-	+
Хряк 316	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-
Поросенок 1361	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-
Поросенок 1362	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-
Поросенок 1363	-	-	+	+	+	-	+	-	-	+	-	+

Примечание: знак + - наличие антигена

знак – - его отсутствие

2. Свиноматка №768 была осеменена смешанной спермой двух хряков №297 и 543, подлежащих оценке по качеству потомства.

Установите отца у поросят по антигенам крови свиноматки и хряков:

Животные	Антигены							
	Aa	Ea	Eb	Ee	Ep	Gb	Fa	Ka
Матка №768	-	+	-	+	-	-	+	-
Хряк №297	-	-	-	+	+	-	-	+
Хряк №543	+	-	+	+	+	+	-	-
Поросята №1888	+	+	-	+	+	+	-	-
№ 1890	+	+	+	+	-	+	+	-
№1891	+	+	+	+	-	+	+	-
№1894	-	+	+	+	+	-	-	-
№1896	-	-	-	+	+	-	+	+
№1897	-	+	-	+	-	-	-	+
№ 1899	-	-	-	+	+	-	+	+

Примечание: знак + - наличие антигена; знак – - его отсутствие

Определить:

1. У каких поросят отцом является хряк №297?

2. У каких поросят отцом является хряк №543?

3. Проверить достоверность происхождения поросят по антигенам крови свиноматки и хряка, записанных как их родители.

Животные	Антигены										
	Ac	Ap	Bb	Da	Ea	Eb	Ed	Ee	Hb	La	Le
Мать №30	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+
Хряк №7053	-	-	+	-	+	+	-	+	-	+	-
Потомство: №296	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-
№298	+	-	+	-	+	+	-	+	-	-	+
№300	-	+	-	-	+	+	+	-	+	-	-
№302	-	-	+	-	-	-	+	+	-	+	+
№304	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+
№341	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+
№343	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-

Примечание: знак + - наличие антигена; знак – - его отсутствие

Определите:

1. У каких поросят записи о происхождении являются правильными?

2. У каких поросят записи о происхождении являются ошибочными?

4. Проверить достоверность происхождения поросят по антигенам крови свиноматки № 765 и хряка № 2911.

Животные	Антигены										
	Ac	Ap	Ca	Da	Ea	Eb	Ee	Ep	Gb	La	
Мать №765	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	
Отец хряк №2911	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-	
Потомство: №230	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	
№231	-	+	++	+	+	+	+	+	+	-	
№232	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	
№233	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	
№235	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	

Примечание: знак + - наличие антигена; знак – - его отсутствие

Определите:

1. У каких поросят записи о происхождении являются правильными?

2. У каких поросят записи о происхождении являются ошибочными?

3. Имеется ли ошибка в записи о происхождении поросенка № 233 (да или нет)?

5. Проверить достоверность происхождения телок по В системе групп крови быка Канта № 413 и коров-предполагаемых родителей этих телок.

Животные	Генотип по группам крови
Отец Кант № 413	$G E_3 F' O' / -$
Мать № 2995	$B G K' E_3' O' F' / B T_1 A_1 B_1 E_3' F'$
Потомок № 7114	$G E' F' O' / B T_1 A_1 B_1 E_3' F'$
Мать № 4444	$G_1 O_1 / E_3'$
Потомок № 7010	$Q A' / E_3'$
Мать № 3783	$B O_1' / -$
Потомок № 5964	$Q A' / B O_1'$
Мать № 3875	$O_1 T Y_2 E_3' F' / J' O'$
Потомок № 6686	$G E_3' F' O' / B G K E_3' F' O'$

Определить, у скольких телок записи о происхождении правильны? У скольких телок отцовство Канта № 413 исключается?

6. Проверить достоверность происхождения телок по В системе групп крови быка Ската № 999 и коров-предполагаемых родителей этих телок.

Животные	Генотип по группам крови
Отец Скат № 999	$J' G' G'' / B Q T_1 A' P'$
Мать № 9165	$O' / Y_2 G Y'' G''$
Потомок № 2794	$B Q T_1 A' P' / O'$
Мать № 1402	$O' / -$
Потомок № 2722	$J' G' G'' / O'$
Мать № 1425	$B Q T_1 A' P' / -$
Потомок № 2717	$J' G' G'' / -$
Мать № 4488	$G' O' / -$
Потомок № 6807	$G E_3' F' O' / G' O'$

Определить, у скольких телок записи о происхождении правильны? У скольких телок отцовство быка Ската № 999 исключается?

7. Проверить достоверность происхождения телок по В системе групп крови быка Кедрa № 779 и коров – предполагаемых родителей этих телок.

Животные	Генотип по группам крови
Отец Кедр № 779	J' G' G'' / –
Мать № 8990	B G K Y ₂ E ₁ ' F' O' G'' / B J'
Потомок № 2745	– / B J'
Мать № 983	J' G' G'' / –
Потомок № 2767	B G K E ₁ ' F' O' / –
Мать № 8855	Q A' / B Q T ₁ A' P'
Потомок № 2712	B Q T ₁ A' P' / J' G' G''
Мать № 3353	B T B' E ₃ ' F' / Y ₂
Потомок № 5296	J' G' G'' / Y ₂

Определить, у скольких телок записи о происхождении правильны? У скольких телок отцовство быка Кедр № 779 исключается? Имеется ли ошибка в записи о происхождении телки № 2767 (да или нет)?

8. Проверить достоверность происхождения телок по В системе групп крови быка Кремня № 4186 и коров-предполагаемых родителей этих телок.

Животные	Генотип по группам крови
Отец Кремнь № 4186	Q A' / J' O'
Мать № 3254	J' O ₁ Q A' / –
Потомок № 5721	J' O ₁ Q A' / B
Мать № 4183	J' O ₁ Q A' / –
Потомок № 7007	J' O' / J' O ₁ Q A'
Мать № 4866	O ₁ J E ₃ ' F' K / J'
Потомок № 7075	O ₁ J E ₃ ' F' K / J' O'
Мать № 7110	– / J' G' G''
Потомок № 2605	J' O' / J' G' G''
Мать № 4437	B G K Y ₂ E ₃ ' / Q A'
Потомок № 6244	J' O' / O ₁ G

Определить, у скольких телок записи о происхождении правильны? У скольких телок отцовство быка Кремня № 4186 исключается? Имеется ли ошибка в записи о происхождении у телки № 6244 (да или нет)?

9. Проверить достоверность происхождения у нижеследующих потомков по В системе групп крови быков и коров, предполагаемых родителей этих животных. Определить, у скольких потомков записи о происхождении правильны? У скольких потомков записи о происхождении ошибочны? Сколько антигенов у потомка № 476 можно использовать для установления отцовства быка Медоноса № 727? Сколько антигенов у потомка 302 можно использовать для установления материнства коровы № 525.

Животные	Генотип по группам крови
Отец Медонос № 727	$O_1 Y_2 J' / A' O'$
Мать № 200	$D' E_3' F' G' O' / E_3' G'$
Потомок № 476	$O_1 Y_2 J' / D' E_3' F' G' O'$
Отец Лотос № 293	$Q E_3' / A' O'$
Мать № 674	$O_1 T E_3' F' K' / -$
Потомок № 2999	$O_1 T E_3' F' K' / Q E_3'$
Отец Наватор № 216	$D' E_3' F' G' O' / E_3' G'$
Мать № 525	$O_1 / Q E_3'$
Потомок № 302	$O_1 / A' O'$
Отец Лотос № 293	$Q E_3' / A' O'$
Мать № 341	$D E_3' F' G' O' / J'$
Потомок № 95	$Q E_3' / J'$

10. Установить истинное происхождение телят по генотипам родителей.

Животные	Система групп крови		
	B	C	F/V
Бык 1752	$I_2 Y_2 / O_1 T E_3' F' K'$	$W / C_2 W$	F/F
Бык 1793	$G E_3' F' O' / O_1 Y_2 D' G'$	$W X_1 / C_2 R_2$	F/V
Корова 2577	$D G K E_3' O' / O'$	W / C_1	F/V
Телка 6317	$I_2 Y_2 / D G K E_3' O'$	$C_2 W / W$	F/V
Корова 2594	- / -	$W X_1 / R_2$	F/V
Телка 6355	$- / O_1 Y_2 D' G'$	$C_2 R_2 / W X_1$	F/V

11. Корова первый раз была осеменена спермой одного быка, а при повторном осеменении – спермой другого быка. Уточните отца родившегося теленка.

Животные	Системы групп крови							
	A	B	C	F/V	J	L	M	S
Бык 1	A_1 / DH	$B / I_2 E_3' G' G'$	$C_1 E / X_1$	F/F	-/-	-/-	-/-	H/-
Бык 2	$A_1 H / DH$	$A_1 B' / B O_1$	$W / R W X_2$	F/V	-/-	-/-	M/-	-/-
Мать	A_2 / D	$B / B O_2 A_2'$	$E W Z / R_2$	F/V	-/-	-/-	-/-	-/-
Теленок	DH / D	$A_1 B' / B O_2 A_2'$	W / R_2	V/V	-/-	-/-	-/-	-/-

Объясните, с какой целью проводят гетероспермное осеменение самок? Приведите примеры, когда при повторном осеменении обязательно надо сменить производителя.

12. Для проведения эксперимента методом аналогов в контрольную и опытную группы отобрали 10 голов молодняка, в том числе три двойни. На основе иммунологической характеристики по системе групп крови B и F/V определите, имеются ли среди них монозиготные близнецы.

Телята	№ 1 - G'O ₁ Y ₂ K I ₂ ' / B O T E' F'D'	F/V
	№ 2 - B K' G' I ₂ ' E ₂ ' / I' D' G'	F/V
	№ 3 - I ₂ Y ₂ D E ₃ ' O' / D G' O ₁ K	F/ F
	№ 4 - D G K O ₃ E' / B G ₃ ' E' E ₄ '	V/V
	№ 5 - Y ₂ ' E' P' E ₄ ' O ₃ / B Y G ₃ E'	F/ F
	№ 6 - P Y ₂ E' E ₄ ' I' / G ₃ O ₃ Y ₂ P'	F/V
	№ 7 - I ₂ Y ₂ D' E ₃ ' O' / D G' O ₁ K	F/ F
	№ 8 - Y ₂ E ₄ ' P' G ₃ Y / I' G' D K	V/V
	№ 9 - G'O ₁ Y ₂ ' F' K I ₂ ' / B O T E ₃ ' F' D'	F/V
	№ 10 - B K' G' I' / I' D' G'	F/V

Контрольные вопросы:

1. Что такое иммуногенетика?
2. Что такое генетическая система групп крови, тип крови, фенотип?
3. Как наследуются группы крови?
4. Что такое антигены, антитела и какова их роль?
5. Как определяются группы крови у животных?
6. Правила установления достоверности происхождения потомков по антигенам крови.
7. Что такое моноспецифическая сыворотка?
8. Сколько систем групп крови выявлено у крупного рогатого скота, овец, лошадей, свиней, кур, кроликов?
9. Гемолитическая болезнь новорожденных у лошадей и свиней и причины ее обуславливающие. Меры профилактики заболевания?
10. Связь групп крови с продуктивностью.
11. Связь групп крови с резистентностью к болезням.
12. Возможна ли селекция животных на резистентность к отдельным заболеваниям?
13. Для чего используется определение групп крови в практике животноводства?
14. Существует ли корреляция (взаимосвязь) между группами крови и продуктивностью животных?
15. В чем заключается иммуногенетический контроль за происхождением животных?

13.3 Полиморфные системы белков крови животных и возможности использования их в селекции

В последние годы в России и за рубежом, кроме групп крови, стали уделять много внимания изучению полиморфизма белков крови, молока и яиц, выявляемого при помощи электрофореза на крахмальном геле. Оказалось, что многие белки (например, гемоглобин) можно

разделить электрофоретическим путем на несколько типов, причем эти типы, подобно группам крови, контролируются особыми генами. Так, у крупного рогатого скота выявлено четыре типа гемоглобина, десять типов трансферринов (5 глобулинов), несколько типов казеина, лактальбумина и лактоглобулина. В яйцах кур обнаружен генетически обусловленный полиморфизм альбуминов и других белков.

В течение эволюции в результате мутаций изменяются гены, поэтому в популяции они встречаются не в одной, а в 2 и более формах (множественные аллели). Полиморфизм – одновременное присутствие 2 и более генетических форм одного вида в таком численном отношении, что их нельзя отнести к повторным мутациям. Поэтому термин «генетический (биохимический) полиморфизм» применяется в тех случаях, когда локус хромосомы в популяции имеет 2 и более аллелей с частотой больше 0,01. Ген, представленный более чем одним аллелем, называется полиморфным геном. Доля полиморфных локусов точно неизвестна, но полагают, что в популяциях многих видов она достигает 25-50%.

Основными методами изучения полиморфизма белков и ферментов являются электрофорез в крахмальном или акриламидном геле и иммуноэлектрофорез. Белки, в том числе и ферменты, находятся в растворе в виде частиц, несущих определенный электрический заряд, которые под действием электрического тока перемещаются к катоду или аноду.

Сейчас у сельскохозяйственных животных изучено более 150 полиморфных локусов белков (в том числе и ферментов) крови, молока, тканей, расположенных в аутосомах.

Некоторые биохимические полиморфные системы у сельскохозяйственных животных представлены в таблицах 18, 19, 20.

Таблица 18 - Генетические системы белков и ферментов крови животных

Система	Индекс локуса	Число аллелей у животных				
		КРС	Лошади	Свиньи	Овцы	Птица
Преальбумин	PR	–	4	2	–	–
Альбумин	Alb	3	2	3	3	2
Постальбумин	Pa	2	–	2	–	–
Гаптоглобин	Hp	4	1	8	–	–
Трансферрин	Tf	11	7	5	12	2
Медленные макроглобулин	Sa-2	2	–	3	–	–
Щелочная фосфатаза	Pp	1	–	5	–	–
Церулоплазмин	Cp	2	2	2	–	–

Амилаза	Am	3	–	4	–	–
Альфа-2-2-глобулин	α -2-2	2	–		–	–
Альфа-2-4-глобулин	α -2-4	2	–		–	–
Бета-1-2-глобулин	β -1-2	2	–		–	–
Группоспецифический компонент	Gc	1	–	1	–	–
Гамма-глобулин	Gm	–	–	–	–	–
Альфа-глобулин	Ag	–	–	–	–	–
Гемолизат эритроцитов						
Гемоглобин	Hb	2	–	–	2	–
Эстераза	ES	2	–	2	–	–
Карбоангидраза	Ca	–	–	2	–	–

Таблица 19 – Генетическая система трансферрина

Вид животных	Аллели трансферрина
Крупный рогатый скот	$T^{JH}, T^{JA}, T^{JB}, T^{DI}, T^{D2}, T^{JF}, T^{JN}, T^{JE}$
Овцы	$T^{JD}, T^{JF}, T^{JH}, T^{JM}, T^{JO}, T^{JR}, T^{JA}, T^{JB}, T^{JC}, T^{JE}$
Лошади	$T^{JF}, T^{JG}, T^{JH}, T^{JY}, T^{JK}, T^{JD}, T^{JS}, T^{JM}, T^{JP}, T^{JS}$
Свиньи	$T^{JA}, T^{JB}, T^{JC},$
Куры	$T^{JA}, T^{JB},$
Козы	T^{JI}, T^{JII}

Таблица 20 – Основные полиморфные системы крови и молока

Система	Индекс локуса	Открытые аллели локуса	
		всего	в том числе
Крупный рогатый скот			
Гемоглобин	Hb	6	ABCDXKHi
Преальбумин	PR	2	AB
Альбумин сыворотки крови	Alb	6	ABCDHZ
Постальбумин сыворотки крови	Pa	2	FS
Церулоплазмин	Cp	2	AB
Амилаза	Am	3	ABC
Кислая фосфатаза	F	2	AB
Щелочная фосфатаза	Pp	3	AB
Карбоангидраза эритроцитов	Ca	2	FS
α -лактоглобулин	α -L	3	AB
β -лактоглобулин	β -L	4	ABCD
α_{s1} -казеин	α_{s1} -Cn	4	BCD
β -казеин	β -Cn	8	AA ¹ A ² BB ₂ CD
κ -казеин	κ -Cn	2	AB
γ -казеин	γ -Cn	2	AB

Каталаза	Cat	2	FS
Эстераза сыворотки	ES _c	2	FS
Экстераза эритроцитов	ES ₃	2	FS
Фосфоглюмутаза эритроцитов	PGM	2	AB
Сукцинатдегидрогеназа	–	4	ABCD
Глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа	–	2	AB
Свины			
Амилаза	Am	10	1,2,2 ^F ,3
Церулоплазмин	Cp	3	AB
Преальбумин	PR	3	AB
Альбумин	Alb	6	ААВ

Аллели гемоглобинового локуса обозначаются так: Hb^A, Hb^B и т. д., а генотип – Hb^AHb^A, Hb^BHb^B и т. д. В связи с кодоминантным наследованием большинства биохимических систем фенотип животного соответствует его генотипу, поэтому фенотип можно записать HbAA или HbA, HbBB или HbB.

Гемоглобин выполняет важную для организма функцию переноса кислорода из органов дыхания к тканям и переноса углекислого газа от тканей в органы дыхания. У крупного рогатого скота открыто 10 типов гемоглобина, но у скота швицкой, костромской, джерсейской и других пород в основном встречаются аллели Hb^A и Hb^B. У животных чернопестрой, айрширской, герефордской и других пород имеется только один тип А.

Хорошо изучен полиморфизм трансферрина (Tf), который переводит железо плазмы в дионизированную форму и переносит его в костный мозг, где оно используется вновь для кроветворения. Трансферрин также подавляет размножение вирусов в организме. У человека недостаточность трансферрина может быть следствием некоторых перенесенных заболеваний, в частности наследственного гемохроматоза. Количество Tf снижается при циррозе печени, инфекционных болезнях.

Белок церулоплазмин (Cp) играет центральную роль в обмене меди в организме, являясь основным переносчиком ее в ткани. Нарушение функции церулоплазмينا или снижение его содержания в плазме крови ведет, например у человека, к возникновению генетического заболевания нервной системы с некротическими изменениями в печени.

Все больше появляется работ по иммуногенетическому анализу белковых систем. Генетически детерминируемые антигенные варианты сывороточных белков, по которым различают особей одного вида, называют *аллотипами*. О. К. Баранов (1981) у американской норки

выявил 8 аллотипов липопротеина (Lpm), обозначенных цифрами от 1 до 8. Липопротеины транспортируют липиды. Предполагают, что аллотипы Lpm- системы кодируются комплексом тесно сцепленных гомологичных генов. Аллотипы в основном наследуются аллогруппами, например Lpm^{6,8}, Lpm^{4, 6, 8}, Lpm^{3,4,6,8} и т. д. *Аллогруппа* – совокупность аллотипов, наследуемых как одна группа. Совокупность сцепленных генов одной хромосомы, контролирующих аллогруппу, называют *гаплотипом*.

У свиней идентифицированные аллотипы липопротеина детерминируются генами пяти локусов, временно обозначенных p, g, s, t, u. Закрытая система Lpb включает 8 аллелей, Lpg и Lpu – по два аллеля, а открытые системы Lps и Lpt – один аллель. Все аллотипы определяются аутосомными кодоминантными генами. Локусы u, p, t тесно сцеплены, а g и s локализованы в разных хромосомах. Имеются данные о связи некоторых типов Lpb с артериосклерозом у свиней.

Биохимические полиморфные системы белков используются для следующих целей:

- 1) уточнения происхождения отдельных животных;
- 2) описания межпородной и внутривидовой дифференциации, изучения филогенеза и аллелофонда пород, линий и семейств, а также генетических процессов, происходящих в популяциях животных, и изменения их генетической структуры в процессе селекции;
- 3) выявления связи с резистентностью к заболеваниям, продуктивностью;
- 4) использования биохимических систем в качестве генетических маркеров в селекции животных.

Использование полиморфных систем белков вместе с группами крови повышает точность определения происхождения животных. Так, по группам крови отцовство можно установить в 81 % случаев, а дополнительные анализы только типов трансферрина повышают точность до 90 %.

По данным В. В. Пилько у коров бурой латвийской и костромской пород с TfDD удой был выше на 256-270 кг, чем у животных с другими генотипами. Л. С. Жебровский и др. на большом материале показали, что ген κ-Сп^A во всех стадах связан с повышенной молочностью. Таким же эффектом обладает аллель β-Lg^A, но в то же время он снижал содержание жира в молоке коров черно-пестрой породы.

Данные по красной датской породе свидетельствуют о том, что только 3 % генетической изменчивости в содержании жира и 5 % в молочности обусловлены различиями по группам крови. Видимо, есть большая вероятность установления более тесной корреляции

генетических полиморфных систем с резистентностью к некоторым заболеваниям вследствие менее сложной их генетической детерминации, чем признаков продуктивности.

Анализ полиморфизма яичного белка овоглобулинового локуса G_3 показал, что куры с типом АВ более устойчивы к пуллорозу-тифу. Восприимчивость к этому заболеванию кур породы леггорн была связана с аллелем G_3^A , а породы корниш – с аллелем G_3^B .

В Австралии, а потом в Кении у породы овец ромни-марш с типом гемоглобина НБА найдена более высокая резистентность к гемонхозу (заболевание, вызываемое нематодами, паразитирующими в сычуге), чем у животных с гемоглобином типов НБВ и НБАВ. Однако имеются сведения и об отсутствии связи типов гемоглобина у местных флоридских овец с невосприимчивостью к гемонхозу.

Устойчивость овец к лептоспирозу связана с гетерозиготностью по гемоглобиновому локусу (НБАВ), тогда как особи с типом А или В более восприимчивы. Эта инфекционная болезнь проявляется у животных кратковременной лихорадкой, желтухой, гемоглобинурией, абортами и другими признаками. У свиней найдена ассоциация лептоспироза с аллелем амилазы Am^a . Уровень антител к лептоспирозу увеличивался у животных с этим аллелем, а с аллелем Am^b - уменьшался.

У свиней установлена связь типов фермента фосфогексоизомеразы (PHI) с синдромом злокачественной гипертермии (MHS). Коэффициент корреляции между чувствительностью к MHS и генотипом PHI^B/PHI^B равен 0,19, а относительный риск возникновения MHS у особей этого генотипа по отношению к имеющим его животным был 18,8.

Изучение новых биохимических полиморфных систем позволит глубже понять динамику генотипической изменчивости в популяциях и механизмы поддержания этой изменчивости, изменение генетической структуры популяций при селекции, планирование и контроль с их помощью селекционного процесса. Можно рассчитывать на выявление более однозначных связей отдельных аллелей или их совокупности с резистентностью к болезням, признакам продуктивности и использовать полиморфные системы как генетические маркеры в селекции.

Разработка, освоение и внедрение в практику разведения сельскохозяйственных животных новейших достижений генетики - реальный путь повышения эффективности селекции. На фермах сложились достаточно обоснованные методы отбора и подбора животных, с оценкой их по происхождению, конституции, экстерьеру, живой массе, молочной продуктивности и качеству потомства. При бонитировке обеспечивается комплексная оценка каждого животного.

Однако отдельные методы оценки и разведения животных не всегда обеспечивают ожидаемый эффект в селекции.

Статистическая обработка обширных материалов показывает, что корреляция между отдельными признаками телосложения коров и их уровнем продуктивности является функцией всего организма в целом и множества биохимических и физиологических процессов. Сложные биохимические процессы метаболизма контролируются в каждой клетке генами, генотипом. Проявление тех или иных признаков, свойств и уровня продуктивности животного, т.е. фенотипа, зависит от взаимодействия генотипа с условиями среды. Биохимическая природа животных, их наследственность и изменчивость - один из наиболее скрытых и сложных резервов повышения продуктивности. Для раскрытия этого резерва необходима разработка новых теорий и более совершенных методов генетического анализа, с использованием для характеристики животных различных биохимических показателей.

В нашей стране и за рубежом в настоящее время ведутся исследования генетической обусловленности биохимических показателей крови, молока, яиц, тканей, изучаются их связи с уровнем продуктивности, плодовитостью, жизнестойкостью, а также с заболеваниями животных. Особый интерес представляют белки крови. Их много. Структура каждого белка кодируется одним или несколькими генами. Для целого ряда уже хорошо изученных белков характерны разные наследственно обусловленные фракции (формы), так называемые полиморфные системы. Явление наследственного полиморфизма обусловлено множественным аллелизмом соответствующего гена. Генетически обусловленные полиморфные системы могут быть выявлены серологически (группы крови) или биохимическими методами (типы белков крови, молока, яиц и др.). Группы крови и системы полиморфных белков специфичны, индивидуальны для каждого животного и не изменяются в течение жизни, не зависят от условий среды. Это позволяет использовать полиморфные системы белков для паспортизации животных по их сугубо индивидуальным группам крови и электрофоретическим типам белков.

Контрольные вопросы:

1. Что такое генетический (биохимический) полиморфизм?
2. Что такое аллель? множественный аллелизм?
3. Какой ген называется полиморфным?
4. Методы изучения полиморфизма белков и ферментов.
5. Что такое аллотипы, как они наследуются?
6. Значения биохимического полиморфизма белков и ферментов в

практике животноводства.

7. Использование биохимических систем в качестве генетических маркеров в селекции животных.

8. Связь биохимического полиморфизма белков и ферментов с резистентностью к болезням у животных.

9. Связь биохимического полиморфизма белков и ферментов с продуктивностью у животных.

10. Что лежит в основе генетического полиморфизма белков и ферментов?

11. Что называют гаплотипом? Аллогруппой?

12. Назовите некоторые биохимические полиморфные системы крупного рогатого скота, свиней, овец, лошадей, кур.

14. МАРКЕРНАЯ СЕЛЕКЦИЯ ИЛИ MAS-СЕЛЕКЦИИ (MARKER ASSISTED SELECTION, MAS.)

Известно, что большая часть хозяйственно ценных селекционных признаков имеет полигенный характер, т.е. контролируется множеством генов. При этом изменчивость признаков под воздействием факторов внешней среды может достигать 50 %. В то же время имеются гены или группа генов (мажорные гены), а точнее аллели этих генов, вклад которых в проявление того или иного признака продуктивности при любых условиях среды более значителен и имеет четко выраженный эффект. Такие гены называются основными генами количественных признаков (Quantitative Trait Loci, QTL). Молекулярно-генетические методы позволяют определить различия между животными по аллельным вариантам в локусах ДНК, которые или непосредственно влияют на проявление признака, либо связаны с QTL, что делает возможным картировать эти локусы и проводить отбор животных непосредственно по генотипам, т.е. по генетическим маркерам. Такой подход получил название маркерной селекции или MAS-селекции (Marker Assisted Selection, MAS.) Маркерная селекция – это использование маркеров для маркирования генов количественного признака, что дает возможность установить наличие или отсутствие в геноме определенных генов (аллелей генов).

Ген - это участок ДНК, определенная последовательность нуклеотидов, в которой закодирована информация о синтезе одной молекулы белка (или РНК), и как следствие, обеспечивающая формирование какого-либо признака и передачу его по наследству.

Гены, представленные в популяции несколькими формами – аллелями – это полиморфные гены. Аллели генов разделяются на доминантные и рецессивные. Полиморфизм генов обеспечивает

разнообразие признаков внутри вида.

Однако лишь некоторые признаки находятся под контролем отдельных генов (например, цвет волос). Показатели продуктивности, как правило, являются количественными признаками, за развитие и проявление которых отвечают многие гены. Некоторые из этих генов могут иметь более выраженный эффект. Такие гены называются основными генами локусов количественных признаков (QTL). Локусы количественных признаков (QTL) - участки ДНК, содержащие гены либо сцепленные с генами, лежащими в основе количественного признака.

Впервые идею применения маркеров в селекции теоретически обосновал А.С. Серебровский ещё в 20-х годах. Маркер, (называемый тогда «сигналь», английский термин «маркер» стал использоваться позже) по А. С. Серебровскому - это аллель гена, имеющий четко выраженное фенотипическое проявление, локализованный рядом с другим аллелем, определяющим хозяйственно важный изучаемый признак, но не имеющим четкого фенотипического проявления; таким образом, делая отбор по фенотипическому проявлению этого сигнального аллеля, происходит отбор сцепленных аллелей, определяющих проявление изучаемого признака.

Первоначально в качестве генетических маркеров использовались морфологические (фенотипические) признаки. Однако очень часто количественные признаки имеют сложный характер наследования, их проявление детерминируется условиями среды и количество маркеров, в качестве которых используются фенотипические признаки, ограничено. Затем в качестве маркеров использовались продукты генов (белки). Но наиболее эффективно тестировать генетический полиморфизм не на уровне продуктов генов, а непосредственно на уровне генов, то есть использовать в качестве маркеров полиморфные нуклеотидные последовательности ДНК.

Обычно фрагменты ДНК, которые лежат близко друг к другу на хромосоме, передаются по наследству вместе. Это свойство позволяет использовать маркер для определения точной картины наследования гена, который еще не был точно локализован.

Таким образом, маркеры – это полиморфные участки ДНК с известной позицией на хромосоме, но неизвестными функциями, по которым можно выявлять другие гены. Генетические маркеры должны быть легко идентифицируемы, связаны с конкретным локусом и очень полиморфны, потому что гомозиготы не дают никакой информации.

Как правило, фрагменты ДНК, которые расположены близко друг к другу на хромосоме, наследуются сцепленно. Это явление позволяет

использовать генетические маркеры для локализации сцепленных с ними QTL. Ряд стран с развитым животноводством использовали MAS-селекцию для оценки животных в раннем возрасте до определения их племенной значимости по продуктивным показателям потомства.

Проведение селекции животных на уровне ДНК имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами. Использование «генов - кандидатов» хозяйственно-полезных признаков в совокупности с традиционными методами подбора и отбора животных позволяет повысить эффективность работы в области геномного усовершенствования сельскохозяйственных животных. Тем самым проведение маркер - зависимой селекции позволяет вывести селекционно - племенную работу на новый этап развития.

Среди множества генов, контролирующих продуктивность, можно выделить группу мажорных генов, вносящих наибольший вклад в формирование и функционирование данного количественного признака. К таким генам, например, относятся гены, кодирующие белки молока. Интерес исследователей к изучению генетического полиморфизма белков молока связан с тем, что их генетически детерминированные варианты оказывают значительное влияние на конкретные черты молочной продуктивности и, соответственно, могут быть использованы в качестве прямых генетических маркеров хозяйственно-полезных признаков. Внедрение генетических маркеров в качестве дополнительных критериев при отборе сельскохозяйственных животных ускоряет селекционный процесс и повышает его эффективность.

Генетические варианты молочных белков и гормонов являются генами - маркерами молочной продуктивности и качества молока в молочном скотоводстве.

К наиболее важным ДНК - маркерам, отвечающим за признаки продуктивности, можно отнести гены каппа - казеина (CSN3), пролактина (bPRL), гормона роста (bGH) и диацилглицерол О - ацилтрансферазы 1 (DGAT1). Ген каппа - казеина (CSN3) отвечает за белкомолочность и технологические свойства молока. Ген пролактина (bPRL), белковый гормон, регулирует функции образования и секреции молока. Ген гормона роста (bGH) является главным регулятором соматического роста животных, влияет на углеводный и липидный обмены, обладает лактогенным действием. Полиморфизм гена диацилглицерол ацилтрансферазы (DGAT1) – связывают с признаками молочной продуктивности.

Казеины (от лат. caseus – сыр) это основная фракция белка, на ее долю приходится 80% от всех молочных белков. Является наиболее

ценным пищевым белком, с полным набором незаменимых аминокислот. Казеины - источник пищевого кальция и фосфора. В селекции животноводства генетические варианты гена каппа - казеина используются в качестве потенциальных маркеров молочной продуктивности и отвечают за белкомолочность и технологические свойства молока. Он является единственным белком, на который действует сычужный фермент. Во всех породах крупного рогатого скота наблюдается различная частота встречаемости генетических вариантов А и В каппа - казеина. По результатам ряда исследований выявлено, что молоко коров носительниц генотипа ВВ каппа - казеина, характеризуется лучшими коагуляционными и технологическими характеристиками: высокими показателями белка и качественными показателями по выходу сыра (меньший процент влаги, высокое содержание белка и жира) и органолептическими свойствами. Ведущие ассоциации животноводов Европы предложили считать генотип ВВ каппа - казеина важным с экономической точки зрения селекционным критерием продуктивности для молочных пород крупного рогатого скота.

Ген пролактина (Bovine Prolactin Gene, bPRL) относится к семейству белковых гормонов. Он принимает активное участие в поддержании лактации. Отмечено благоприятное влияние аллеля G на выход молочного жира и белка, а также уровень удоя. У сельскохозяйственных животных этот ген является идеальным кандидатом для анализа связи локусов количественных признаков (QTL) с показателями молочной продуктивности, а также дополнительным критерием отбора при селекции.

Ген соматотропного гормона (Bovine Growth Hormone, bGH), один из первых в качестве «генов - кандидатов», был использован в качестве нетрадиционного увеличения продуктивности сельскохозяйственных животных. Во всех породах крупного рогатого скота прослеживается полиморфизм с различной частотой встречаемости генетических вариантов L и V гена bGH. Имеются сведения о влиянии двух аллелей этого гена на фенотипическое проявление признаков продуктивности. При этом животные, гомозиготные по V аллелю имели более высокую молочную продуктивность, чем особи с гетерозиготным генотипом LV. Ген bGH является QTL и может использоваться в качестве маркера для прогнозирования продуктивности пород молочного направления.

Ген O диацилглицерол O - ацилтрансферазы 1 (Diacylglycerol O-Acyltransferase, DGAT1) кодирует фермент, участвующий в синтезе триглицеридов. Полиморфизм этого гена оказывает влияние на содержание внутримышечного жира в мышцах животных. Ген DGAT1,

содержащий QTL, маркирует продуктивные признаки племенного стада. Аллельный вариант К ассоциирован с повышенным содержанием жира, в то время как вариант А ассоциирован - с высокими удоями. Таким образом, ген DGAT1 может быть использован в качестве генетического маркера признаков молочной продуктивности.

В качестве примера использования генетических маркеров в селекции можно привести использование «главного гена», влияющего на повышение плодовитости у овец. Впервые этот «ген», получивший обозначение бурула, по названию породы, выявлен австралийскими исследователями. Позднее аналогичная генетическая структура была выявлена и у овец других пород в Новой-Зеландии, Исландии, Франции, Бангладеш, Индонезии и Польше. Разумеется, само название бурула и его синонимы, используемые разными авторами, является псевдонимом, за которым скрывается генетическая структура, механизм проявления которой не до конца понятен. Но для селекции в данном случае важен конечный эффект. Использование «гена» бурула повышает плодовитость овец на 8 %.

Большой интерес для селекции овец представляет и второй «главный ген», получивший название кэллпипэйг в США или каррвелл в Австралии. Эта генетическая структура связана с мясной продуктивностью: выход мяса повышается на 32 %. В настоящее время оба этих «гена» используются в коммерческих стадах овец разных стран мира. Носители бурула используются при создании новых многоплодных пород овец: многоплодный меринос в Венгрии, кайфер в Австралии, булизи в Канаде и ряд других.

Для селекции свиней по мясным качествам представляет интерес изучение полиморфизма по гену гормона роста (GH), генов семейства MYOD, связанных с приростом и качеством мяса, лептина и рецептора лептина (LEP и LEPR) и других. С репродуктивными признаками у свиней связаны гены эстрогенового рецептора (ESR), I и II подсемейств цитохрома H450 (CYP19, CYP21), а также супероксид дисмутаза 2 (SOD2).

В свиноводстве представляет также интерес выявление животных, несущих рецепторы к антигену K-88 E.coli. Ряд штаммов кишечной палочки, несущие антиген K-88, вызывают диарею новорожденных, часто сопровождающуюся высоким отходом поросят. Животные, несущие рецептор к этому антигену, и происходящие от матерей, имеющих этот рецептор, устойчивы к вирулентным штаммам E.coli.

Ген, аналогичный по фенотипическому проявлению бурула, был выявлен у свиней породы мэйшан. Было показано, что различие в многоплодии у них связано с полиморфизмом по гену эстрогенового

рецептора (ESR): матки с генотипом ВВ превосходят по многоплодию животных, гомозиготных по аллелю АА, в среднем на 0,9-1,5 поросенка. Аллель В был также выявлен у коммерческих североамериканских пород свиней, ведущих свое происхождение от крупной белой породы. Полагают, что он был внесен в эту породу с «кровью» мэйшан. Этот аллель с частотой от 0,04 до 0,15 встречается и у российских свиней.

Классическим примером использования генетических маркеров стало раннее определение пола цыплят. В настоящее время для сортировки цыплят по полу служит ряд генов-маркеров, сцепленных У-хромосомой, позволяющих создать аутосексные линии. Наиболее широко при этом применяют три пары аллелей: В/в - полосатость и сплошная окраска; S/s - серебристая и золотистая окраска оперения; К/к - быстрая и медленная оперяемость.

Особенностью аутосексных кроссов является то, что доминантные аллели должны находиться у самок, а самцы должны быть гомозиготны по рецессивному гену. Основываясь на применении гена В/- известные селекционные фирмы создали несколько кроссов: «Б-390», Старкросс и А-браун. Суточные петушки этих кроссов имеют белое пятно на затылке. В дальнейшем у них формируется полосатое оперение. У курочек светлое пятно отсутствует, оперение взрослой птицы черное с золотистой гривой. Петушки четырех линейного аутосексного кросса «Хайсекс коричневый» имеют светло-желтую окраску, курочки в основном коричневые.

Различия в скорости оперения, обусловленные действием сцепленного с полом гена К, были использованы в мясном кроссе «Бройлер-6». При скрещивании петухов линии 8 этого кросса, несущих аллель К, с курами линии 9 (носители аллеля к) получают курочек с медленной скоростью оперения. Скрещивая кур линии 89 (К/к) с петухами линии 67 (к-генотип), получают медленнооперяющихся петушков. Маховые перья в суточном возрасте развит слабо, а кроющие длиннее или равны маховым.

Оба эти подхода позволяют во много раз повысить скорость сортировки по полу и снизить травмирование цыплят. Но преимущественно используются кроссы, основанные на различиях в окраске. Это связано с тем, что доминантный аллель К оказывает отрицательное влияние на интенсивность яйцекладки, скорость полового созревания и жизнеспособность кур. Также снижается репродуктивная функция у петухов.

В птицеводстве генетиков и селекционеров в последние годы привлекла возможность использования и ряда других менделирующих признаков. Ограниченность кормовых ресурсов в мире обусловила

интерес к сцепленному с полом гену карликовости (dW) и гена голошеести (Na). Введение dW гена в популяцию птицы позволило создать линии кур с достаточно высокой яйцностью при пониженном, за счет снижения массы тела, потреблении корма. Использование гена голошеести Na совместно с dW способствовало повышению оплаты корма.

К маркерам первого типа относятся и различные генные мутации, приводящие к значительным потерям. Это синдром дефицита лейкоцитарной адгезии крупного рогатого скота, приводящий к гибели молодняка в результате иммунного дефицита (BLAD), лейкоз, скрепи, гукоподобная энцефалопатия (известная еще как «болезнь бешеных коров»), синдром палевой эксудативной свинины и многие другие. Современные методы молекулярной генетики позволяют с абсолютной гарантией выявлять в стадах гетерозиготных носителей этих аномалий. Однако проблема борьбы с наследственными заболеваниями при всей ее значимости является лишь одним из направлений в современной генетике животных.

Контрольные вопросы:

1. Что такое MAS-селекция?
2. Что такое молекулярно-генетический маркер?
3. Какие бывают маркеры?
4. Отличие маркерной селекции от традиционной.
5. Как и для чего используются генетические маркеры?
6. Какова цель маркерной селекции?
7. Как проводится маркирование признаков продуктивности у животных?
8. Какие гены называют «мажорными»?
9. Что такое «гены-кандидаты»?
10. Использование сателлитной ДНК в качестве генетических маркеров.
11. Назовите основные ДНК - маркеры, отвечающим за признаки молочной продуктивности и качества молока.
12. Использование генетических маркеров в селекции овец.
13. Раннее определения пола у цыплят аутосексных кроссов с помощью генетических маркеров. Особенности аутосексных кроссов.
14. Назовите основные ДНК-маркеры, отвечающие за признаки мясной продуктивности и качество мяса у свиней.
15. Зачем выявляют в стадах с помощью ДНК-маркеров гетерогенных носителей скрытых мутаций?

15. ГЕНОМНАЯ СЕЛЕКЦИЯ

В последнее десятилетие в мировой селекции происходят значительные изменения, связанные с появлением новых технологий в оценке племенной ценности сельскохозяйственных животных на основе молекулярно-генетических маркеров хозяйственно ценных признаков продуктивности. Эти технологии ассоциируются с геномным сканированием, геномной селекцией.

Термин «геномная селекция» был предложен Хайли и Вишером в 1998 году, а Мовиссен с соавторами в 2001 году разработали принципиальную методологию аналитической оценки племенной ценности на основе ДНК-маркеров, которые охватывают весь геном животного.

Успехи в совершенствовании методов биологии и молекулярной генетики, накопление фундаментальных знаний в этих областях позволило к 2010 году расшифровать геномы основных видов сельскохозяйственных животных - крупного рогатого скота, свиней, овец и проводить генотипирование животных по тысячам ДНК-маркеров. Было установлено, что из всех генетических маркеров наиболее информативным и удобным для использования в практической прикладной селекции является SNP (Single Nucleotide Polymorphism), так называемый снп или однонуклеотидный полиморфизм, т.е. отличие в последовательности ДНК размером в один нуклеотид (А, Т, С или G), которое может быть причиной изменения последовательности чередования аминокислот в белке. В зависимости от такого изменения действие белка в цепочке биохимических реакций усиливается или ослабляется, что в свою очередь изменяет в ту или иную сторону проявление признака продуктивности. Многолетними исследованиями было установлено, что у сельскохозяйственных животных насчитывается несколько сотен тысяч таких маркеров, в среднем один на 50 тысяч нуклеотидов, которые равномерно распределены по всему геному. Для быстрого получения информации о геномных профилях животного компании Illumina и Affymetrix разработали ДНК-чипы, позволяющие типировать генотип животного более чем по 50 тысячам SNP-маркеров

ДНК-чип представляет собой подложку с нанесенными на нее ячейками, в которых помещено вещество-реагент. Как правило, исследуемый материал помечают различными метками (чаще флуоресцентными красителями) и наносят на ДНК-биочип. Вещество-реагент (олигонуклеотид) при классической ПЦР-реакции связывает в исследуемом материале ДНК только комплементарный фрагмент. В

результате в той ячейке, где произошла реакция, регистрируется свечение. Таким образом, в 50 тысячах локусов можно выявить присутствие или отсутствие желательного для селекции аллеля.

Для каждого SNP-маркера путем использования генетико-статистического анализа (самыми распространенными и признанными являются лучший линейный несмещенный прогноз или BLUP - best linear unbiased prediction и Animal model) определяется значение и его долю в общей племенной ценности (Total Breeding Value, TBV). Таким образом, геномная оценка (Total Genomic Breeding Value, TGBV) животного складывается из суммирования показателей общего индекса племенной ценности с учетом коэффициентов значимости каждого SNP-маркера.

Основное преимущество геномной селекции - это возможность установить наследование в генах определенных ценных аллелей практически сразу после рождения. Селекционное значение генотипа животного оценивается напрямую, а не через фенотипическое проявление в период продуктивного использования. Таким образом, прогнозировать племенную ценность животного можно в самом раннем возрасте, что на порядок повышает эффективность селекционного отбора. Специалистами стран ЕС подсчитано, что экономический эффект от использования геномной селекции в расчете на одного быка-производителя составляет около 20 тыс. евро. Он складывается за счет экономии средств на проведение традиционной оценки по продуктивности потомков, которая занимает, как правило, в молочном скотоводстве 4-5 лет, при этом далеко не все производители признаются улучшателями. Так из 500 бычков, оцениваемых по качеству потомства, лишь десятая часть отбирается для дальнейшего племенного использования. Стоимость геномной оценки сегодня составляет около 250 евро, но вызывает сомнения то, что с развитием ДНК-технологий цена геномного сканирования будет снижаться. Привлекательность геномной оценки повышается за счет возможности генотипировать потенциальных коров-матерей быков-производителей. Преимущество геномной селекции значительно возрастает и при использовании технологии пересадки эмбрионов, эффективность которой во многом определяется точностью отбора коров-доноров.

Сегодня более 25 стран ведут геномные исследования разных видов сельскохозяйственных животных, на реализацию которых выделяются значительные средства. Достаточно сказать, что только в США в настоящее время реализуется около 10 проектов, связанных как с использованием фундаментальных основ геномной селекции, так и с практическим освоением этих технологий в животноводстве. При этом

бюджет этих проектов составляет сотни миллионов долларов. Для увеличения количества SNP-маркеров в последнее время многие зарубежные молекулярно-генетические лаборатории объединяют усилия, создавая единую базу данных с тем, чтобы иметь возможность сопоставить генотипы большего количества животных, оцененных по продуктивности, и определить наличие связей между известными точечными мутациями (SNP) и показателями племенной ценности. Так, европейские страны - Нидерланды, Бельгия, Испания, Франция, Германия, Финляндия, Швеция, Дания и Польша - объединились в консорциум EuroGenomics (CRV, CONAFE, UNCEIA, VikingGenetics, DHV, VIT, Genomika Polska) с целью увеличения суммарного поголовья референтной популяции голштинского скота, которая в 2018 году превысила референтную популяцию животных в США, Канаде, Великобритании и Италии в два раза: исследовано 25000 животных против 12000.

В связи с созданием общего большого массива данных по племенной оценке молочного скота разных стран ведется разработка математической программы Genome Multi Trait Across Country Evaluation (GMTACE) для получения унифицированных результатов.

Следует отметить, что наибольшие успехи в практическом применении геномной селекции отмечены для голштинского скота. Это объясняется тем, что для разработки ДНК-чипа учеными США были проанализированы геномы практически всех быков-производителей, поступающих на североамериканские центры по искусственному осеменению и оцененных по качеству потомства более чем за 15-летний период. Ими было доказано, что, сопоставляя средние показатели племенной ценности родителей с информацией генома этих быков по SNP-маркерам, можно спрогнозировать их генетическую способность к передаче наследственных качеств с 60-70%-ной достоверностью, тогда как при традиционной оценке - лишь на 25-40%.

Результаты исследований во многих странах подтвердили, что использование генетико-статистических методов при оценке по происхождению, качеству потомства совместно с геномным сканированием обеспечивает надежность прогноза племенной ценности на уровне 70%, а в отдельных случаях, в частности, по такому признаку, как величина удоя, и 90%. Специалисты компании Viking Genetics высказывают мнение, что использование геномной селекции может увеличить генетический прогресс в улучшении молочного скота на 50%.

Решать эту назревшую задачу необходимо на государственном уровне. Это потребует создания на базе ведущих НИИ современных генетических лабораторий, которые в кратчайшее время должны

наработать базу данных по определению внутривидового разнообразия отечественных пород. Это позволит создать полноценную информативную референтную популяцию и получить в дальнейшем объективные данные для геномной селекции.

Принятие быстрых и решительных мер в этом направлении создаст необходимый фундамент для получения животных отечественной селекции с заданными параметрами продуктивности, что позволит российским племенным организациям конкурировать с зарубежными производителями селекционного материала и получить возможность экспортировать собственную племенную продукцию.

15.1 Геномная селекция в молочном скотоводстве

В 2004 году расшифровка генома коровы была завершена. Это означает, что корова была разложена на генетические составляющие так, что теперь по ней можно найти любую генетическую информацию. ДНК является носителем наследственной информации. Она состоит из цепочки нуклеотидов. Порядок построения нуклеотидов в цепи ДНК называется последовательностью. Эти последовательности образуют код для формирования множества протеинов, которые выполняют различные функции вне и внутри клетки. Анализ последовательности ДНК позволяет определить, какие именно участки генома унаследовало данное животное от своих предков и может передавать потомкам, и, таким образом, дать более точный прогноз его племенной ценности

После расшифровки генома некоторых видов животных и птицы было разработано много научных методов для применения этого знания. Благодаря им стало возможным размещать в хромосомах генетические маркеры, своего рода флажки. Очень удобным видом таких генетических маркеров является так называемый единичный полиморфный нуклеотид SNP (Single nucleotide polymorphism). Это так называемые «снимки».

...ACCGCCAG...
...ACTGCCAG...



Единичный полиморфный нуклеотид: SNP

Вариации нуклеотидов встречаются с частотой примерно одна замена на 1000 пар нуклеотидов. При этом различие даже в одну пару, например, С и Т может быть причиной изменения признака.

Наличие снипов определяется путем выделения ДНК из семени, крови, волосяных луковиц и последующего нанесения на пластинку –

чип высокой плотности. Образец ДНК реагирует с химикалиями на пластинке чипа выявляя наличие однонуклеотидных замен.

Геномная оценка включает в себя 40000 генетических маркеров – «снипов» – на каждое животное. Генетические маркеры, используемые в геномной оценке, покрывают все хромосомы и учитывают передачу по наследству всех участков генома. Какие-то из них оказывают большее действие на признак, другие – меньшее действие.

Преимущество данного метода заключается в том, что можно дать более точный прогноз племенной ценности животного (на 11-40 %) на базе «снипов» в раннем возрасте.

Селекция, основанная на геномной оценке идет не только по отдельным главным «генам», а по всему геному. Одновременно учитываются 26 основных зоотехнических признаков плюс 27 – экономическая прибыльность.

В США, в лаборатории (Animal Improvement Programs Laboratory) разработан чип, доступный для генотипирования животных. Это позволит определить генотип животных при исследовании его крови. В чипе 54 тысячи маркеров, охватывающих все хозяйственно-полезные признаки, необходимые для селекционной работы. Метод позволяет прогнозировать необходимые признаки у животных даже при отсутствии информации о их предках.

Традиционная схема селекционного отбора по потомству выглядит следующим образом: отбирают быков по высокопродуктивным, генетически ценным родителям, выращивают до 1,5-2 летнего возраста, берут сперматозоиды для получения потомства в хозяйствах. И только после того, как дочери стали производить молоко, быку-производителю дают оценку его племенной ценности.

Продолжительность цикла составляет 5 лет. Разумеется, в эффективности этого метода никто не сомневается, но он слишком длительный и очень затратный.

Геномный отбор все значительно упрощает. Уже после рождения у бычков берут кровь и делают полную геномную оценку. И использовать такого быка можно, как только он начнет производить семя. При этом сокращается значительно интервал между поколениями.

Переход на раннюю оценку быков и соответственно, ускоренное их использование, по данным зарубежных ученых, позволяет ускорить генетический прогресс молочных стад на 50 %.

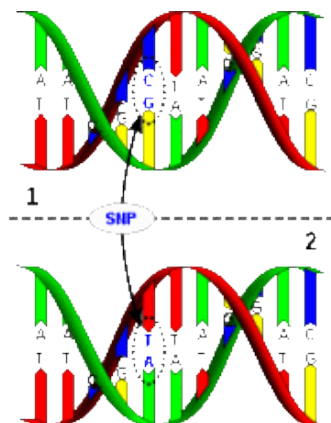
В 2009 году геномные данные включены в официальную оценку животных. Значимость новой геномной оценки для эффективности селекции приравнивают к значимости искусственного осеменения.

15.2 Геномная селекция в свиноводстве

В начале 21 века в племенном свиноводстве Европы и Америки начинали применять геномную селекцию. Ее технологии позволяют расшифровать генотип свиней уже при рождении и отбирать для разведения лучших животных. Эта новейшая технология призвана в дальнейшем увеличивать селекционную точность и надежность племенной ценности свиней.

Родоначальником геномной селекции является маркерная селекция.

Широкое применение вариантов полиморфизма ДНК в качестве генетических маркеров началось с 1980 г. Молекулярно-генетические маркеры использовались для программ сохранения генофондов пород сельскохозяйственных животных, с их помощью решались задачи происхождения и распространения пород, установления родства, картирования основных локусов количественных признаков, изучения генетических причин наследственных заболеваний, ускорения селекции по отдельным признакам – устойчивости к определенным факторам, по продуктивным показателям. В Европе генетические маркеры начали применяться в селекции свиней еще с начала 1990 гг. для освобождения популяции от гена галотана, который вызывает синдром стресса у свиней.



Существует несколько типов молекулярно-генетических маркеров. До недавнего времени очень популярны были микросателлиты, так как они широко распространены в геноме и имеют высокий уровень полиморфизма. Микросателлиты - SSR (Simple Sequence Repeats) или STR (Simple Tandem Repeats) состоят из участков ДНК длиной в 2-6 пар оснований, тандемно повторенных много раз. Например, американская компания «Прикладные биосистемы» (Applied Biosystems) разработала тест-систему генотипирования 11 микросателлитов (TGLA227, BM2113, TGLA53, ETH10, SPS115, TGLA126, TGLA122, INRA23, ETH3, ETH225, BM1824). Однако, микросателлитов бывает недостаточно для

тонкого картирования отдельных областей геномов, высокая стоимость оборудования и реагентов и развитие автоматизированных методов с использованием SNP-чипов вытесняет их из практики.

Очень удобным видом генетических маркеров является SNP (Single Nucleotide Polymorphisms) — снип или однонуклеотидный полиморфизм — это отличия последовательности ДНК размером в один нуклеотид в геноме представителей одного вида или между гомологичными участками гомологичных хромосом индивида. SNP — это точечные мутации, которые могут происходить в результате спонтанных мутаций и действия мутагенов. Различие даже в одну пару оснований может быть причиной изменения признака. SNP широко распространены в геноме (у человека около 1 SNP на 1000 пар оснований). Геном свиньи имеет миллионы точечных мутаций. Никакой другой тип геномных различий не способен обеспечить такую плотность маркеров. Кроме того, SNP имеют низкий уровень мутаций на поколение (~10⁻⁸) в отличие от микросателлит, что делает их удобными маркерами для популяционно-генетического анализа. Основным достоинством SNP является возможность использования автоматических методов их детекции, например, использование ДНК-матриц.

Для увеличения количества SNP-маркеров в последнее время ряд зарубежных компаний объединяют свои усилия, создавая единую базу данных, чтобы иметь возможность, протестировав большое количество животных, проверенных по продуктивности на полиморфизм, выявить наличие связей между известными точечными мутациями и продуктивностью.

В настоящее время определено большое количество полиморфных вариантов генов и их взаимовлияние на продуктивные признаки свиней. Некоторые генетические тесты с использованием маркеров, определяющих продуктивные качества, публично доступны и используются в программах разведения. Используя такие маркеры, можно улучшить некоторые продуктивные показатели.

Примеры маркеров продуктивности:

- маркеры плодовитости: ESR – ген эстрогенного рецептора, EPOR – ген рецептора эритропоэтина;
- маркеры устойчивости к заболеваниям – ген рецептора ESR F18;
- маркеры эффективности роста, мясной продуктивности - MC4R, HMGA1, CCKAR, POU1F1.

MC4R – ген рецептора меланокортина 4 у свиней локализован на хромосоме 1 (SSC1) q22-q27. Замена одного нуклеотида А на G

приводит к изменению аминокислотного состава MC4-рецептора. В результате происходит нарушение регуляции секреции клеток жировой ткани, что приводит к нарушению липидного обмена и непосредственно влияет на процесс формирования признаков, характеризующих откормочные и мясные качества свиней. Аллель А определяет быстрый рост и большую толщину шпика, а аллель G отвечает за эффективность роста и большой процент постного мяса. Гомозиготные свиньи с генотипом AA достигают рыночного веса на три дня быстрее, чем свиньи гомозиготные по аллелю G (GG), зато у свиней с генотипом GG на 8% меньше сала и отличаются они более высокой конверсией корма.

Также на мясную и откормочную продуктивность влияют и другие гены, контролирующие комплекс сопряженных физиологических процессов. Ген POU1F1 - гипофизарный фактор транскрипции, является регулирующим транскрипционным фактором, детерминирующим экспрессию гормона роста и пролактина. У свиней локус POU1F1 картирован на хромосоме 13. Его полиморфизм обусловлен точечной мутацией, приводящей к образованию двух аллелей – С и D. Наличие в генотипе свиней аллеля С связывают с повышенными среднесуточными привесами и большей скороспелостью.

Также маркеры позволяют тестировать генотип хряков на признаки, ограниченные полом, проявляющиеся только у свиноматок. Это, к примеру, плодовитость (количество поросят на опорос), которые хряк передает потомству. Например, тестирование генотипа хряка по маркерам эстрогенового рецептора (ESR) позволит отбирать тех хряков для разведения, которые передадут дочерям более высокие воспроизводительные качества.

С помощью результатов маркерной селекции можно оценить частоту встречаемости желательных и нежелательных аллелей для породы или линии, проводить в дальнейшем селекцию, чтобы все животные в породе имели только предпочтительные аллели генов.

Перечень маркеров, рекомендованных к использованию, постоянно расширяется.

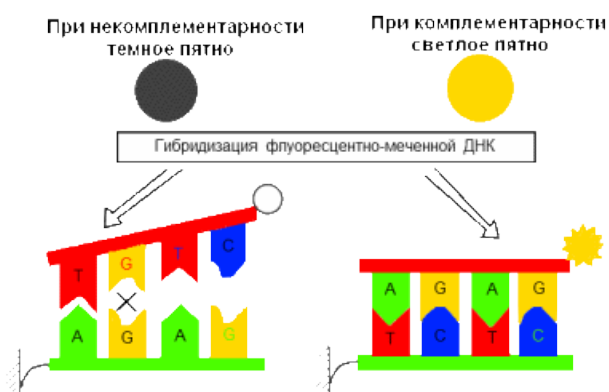


Рисунок – Принцип действия олигонуклеотидного биочипа

ДНК-чип представляет собой подложку с нанесенными на нее ячейками с веществом-реагентом. Исследуемый материал помечают различными метками (чаще флуоресцентными красителями) и наносят на биочип. Как показано на картинке, вещество-реагент - олигонуклеотид - связывает в исследуемом материале - флуоресцентно меченых фрагментах ДНК - только комплементарный фрагмент. В результате наблюдается свечение на этом элементе биочипа.

В 2009 году был расшифрован геном свиньи. Разработан SNP чип (вариант ДНК-микрочипа), содержащий 60 000 генетических маркеров генома. Для ускорения исследований были даже созданы специальные роботы для считывания снипов. Образец ДНК свиньи можно тестировать на наличие или отсутствие практически всех важных точечных мутаций, определяющих продуктивные признаки. Таким образом, отбор лучших животных может быть основан на генетических маркерах без измерения фенотипических показателей.

Эти достижения привели к внедрению новой технологии - геномной селекции. Геномная селекция - это тестирование генома сразу по большому количеству маркеров, покрывающих весь геном, так что локусы количественных признаков (QTL) находятся в неравновесном сцеплении хотя бы с одним маркером. В геномной селекции сканирование генома происходит с использованием чипов (матриц) с 50-60 тысячами SNP (которые маркируют основные гены количественных признаков) для выявления однонуклеотидных полиморфизмов вдоль генома животного, определения генотипов с желательным проявлением совокупности продуктивных признаков и оценки племенной ценности животного.

Впервые термин «геномная селекция» был введен Хейли и Вишером в 1998 году. Meuwissen с соавторами в 2001 году разработал и представил методологию аналитической оценки племенной ценности с помощью карты маркеров, охватывающих весь геном.

«Нурог» первым анонсировал полную рыночную программу Геномной Селекции, которая повысит точность селекции в свиноводстве. В средствах массовой информации в июне 2012 года было объявлено, что «Нурог» может предложить своим клиентам поголовье, отобранное с помощью Геномной Племенной Ценности.

Генетическая компания Нурог начала использовать геномную селекцию с 2010 года, действуя в тесном сотрудничестве с Центром научных исследований и новых технологий группы Hendrix Genetics (Хендрикс Дженетикс). Hendrix Genetics тестирует более 60 000 SNP маркеров и использует эту информацию для исследования ДНК. Геномный индекс генетического потенциала свиней рассчитывается

после анализа 60 000 маркеров генов (снийпов) по животному. В теории, если достаточно генетических маркеров, чтобы охватить все ДНК свиньи (ее генома), возможно описать все генетические вариации для всех измеряемых признаков. Готовится современное математико-генетическое программное обеспечение для обработки данных.

Генетическая компания Hendrix Genetics имеет большой биобанк - хранит образцы крови и тканей племенных животных нескольких ферм и поколений для исследования ДНК (выявления генетической ценности животных) и анализа генотипа животных. Нуруг проводит анализы ДНК свиней на своих племенных заводах более двух лет. Все образцы с разных племенных заводов, находящихся в разных странах, отправляются на обработку в новую центральную Геномную Лабораторию Hendrix Genetics в Плэфрагане (Франция). Герард Альберс, директор Центра научных исследований и новых технологий, подчеркивает: «Геномная Лаборатория – это ценный актив, используемый всеми генетическими компаниями, входящими в Hendrix Genetics, и по-настоящему уникальный в отрасли свиноводства».

Геномная селекция – это мощный инструмент для использования в будущем. В настоящее время эффективность геномной селекции ограничена различным характером взаимодействия между локусами количественных признаков, изменчивостью количественных признаков у разных пород, влиянием на проявление признака факторов внешней среды. Но результаты исследований во многих странах подтвердили, что использование статистических методов совместно с геномным сканированием увеличивает надежность прогноза племенной ценности.

Селекция свиней с помощью статистических методов по некоторым показателям (например сопротивляемости заболеваниям, качеству мяса, плодовитости) характеризуется низкой эффективностью. Это происходит вследствие следующих факторов:

- низкой наследуемости признаков,
- большого влияния на этот признак факторов внешней среды,
- из-за проявления, ограниченного полом,
- проявления признака только под действием определенных факторов,
- когда проявление признака происходит относительно поздно,
- вследствие того, что характеристики трудно измерить (например, особенности здоровья),
- наличие скрытых носителей-признаков.

Например, такой порок свиней как стресс-чувствительность трудно поддается диагностике и проявляется в повышенной смертности поросят под воздействием стресса (перевозки и др.) и ухудшении

качества мяса. ДНК-тестирование с использованием маркеров генов дает возможность выявить всех носителей этого порока, в том числе скрытых, и с учетом этого проводить селекцию.

Для оценки показателей продуктивности трудно поддающихся прогнозу статистическими методами для более достоверной их оценки нужен анализ потомства, то есть необходимо дождаться приплода и проанализировать его племенную ценность. А использование ДНК-маркеров дает возможность проанализировать генотип сразу при рождении, не дожидаясь проявления признака или появления потомства, что значительно ускоряет селекцию.

Индексная оценка животных осуществляется по экстерьеру и по продуктивным качествам (скороспелость поросят и т.д.). В обоих случаях пользуются фенотипическими показателями, поэтому для использования этих признаков в расчётах необходимо знать их коэффициент наследуемости. Однако даже в таком случае мы будем иметь дело с вероятностью генетического обоснования любого признака, усредненными показателями его предков и потомков (нет возможности определить, какие гены унаследовало молодое животное: лучшие или худшие этого среднего). С помощью анализа генотипа можно точно установить факт наследования определенных генов уже при рождении, оценивать генотипы напрямую, а не через фенотипические проявления.

Однако если отбор свиней идет по показателям, характеризующимся высокой наследуемостью, как например, легко исчисляемое количество сосков, геномная селекция не принесет существенной выгоды.

Маркерная селекция не отрицает традиционных подходов к определению племенной ценности. Статистический анализ и технологии геномной селекции взаимно дополняют друг друга. Использование генетических маркеров позволяет ускорить процесс отбора животных, а индексные методы - точнее оценить эффективность этого отбора.

Геномная селекция – это возможность сделать свиноводство точным производством. Использование технологий геномной селекции позволит производить разнообразные мясные продукты, соответствующие запросу потребителей.

15.3 Геномная селекция в овцеводстве

На протяжении многих лет генетический потенциал овец определяли по его фенотипическим данным. Однако на сегодняшний

день международной группой ученых создан первый в мире «виртуальный геном» овцы, о чем сообщает PhysOrg. Геномная селекция дает возможность наиболее точно рассчитать племенную ценность овец, сократить время и затраты, связанные с содержанием.

Большинство хозяйственно полезных признаков сельскохозяйственных животных являются количественными, детерминируются полигенами и находятся под влиянием факторов внешней среды. В настоящее время определены генетические локусы количественного признака (Quantitative Trait Loci, QTL). Многие QTL, связанные с одним признаком, часто находятся на разных хромосомах. Для альтернативного подхода генетического детерминирования продуктивности сельскохозяйственных животных рассматривают «гены-кандидаты». Геном-кандидатом может выступать любой ген, влияющий на биохимические и физиологические процессы в организме, обладающий полиморфизмом. При этом, если ген определен в области картированного локуса количественных признаков – QTL, он рассматривается как позиционный ген-кандидат.

Наиболее распространёнными генами-кандидатами плодовитости у сельскохозяйственных животных являются: ген - рецептор фолликулостимулирующего гормона (FSHR), ген ядерного коактиватора A1 (NCOA1), ген пролактина и его рецептора, ген ретинол-связывающего белка 4 (RBP4), ген рецептора эритропоэтина (EPOR) и ген рецептора эстрогена (ESR).

В настоящее время продолжается работа по идентификации генов, связанных с продуктивными признаками овец и качеством мяса.

Одна из проблем овцеводства - повышение количества ягнят при рождении. Плодовитость овцематок является наследственным признаком, хотя в значительной степени этот показатель зависит от внешних факторов. Важную роль в половом развитии и воспроизводстве играют эстрогены. В клетках-мишенях эстрогены связываются с эстрогеновыми рецепторами, после чего рецепторы действуют как факторы транскрипции. Существует два типа эстрогеновых рецепторов - ER-а/ESR1 и ER-0/ESR2. В геноме овец ESR1 и ESR2 кодируются разными генами, расположенными на 8 и 7 хромосомах соответственно.

У овец определены QTL и гены-кандидаты, связанные с количеством ягнят при рождении, для их дальнейшего внедрения в селекционную работу. Кратко рассмотрим некоторые из них.

Ген Бурулы (Booroola Fecundity Gene (FecB)) способствует увеличению скорости овуляции. У овец с геном Бурулы созревают сразу 4–12 яйцеклеток, что впоследствии приводит к рождению 4–10 ягнят.

Животные могут наследовать ген Бурулы, как гетерозиготный, так и гомозиготный.

Ген рецептора фолликулостимулирующего гормона (FSHR) у овец связан с количеством ягнят при рождении.

На сегодняшний день одним из перспективных генов-маркеров плодовитости овец является ген дифференциального фактора роста (GDF9). Белковый продукт гена дифференциального фактора роста (GDF9) также способствует поддержанию нормального яичникового фолликулогенеза у овец. Ген дифференциального фактора роста (GDF9) расположен на 5 хромосоме в позиции 72,2 см.

Ген костного морфогенетического белка 15 (BMP-15), расположенный на 11 хромосоме в позиции 25, играет существенную роль в развитии ооцитов и фолликулов. Кроме этого, костные морфогенетические белки (BMP) являются одной из основных групп морфогенетических сигнальных белков, которые организуют построение тканей в теле. Ген рецептора морфогенетического белка кости (BMPR-IB) расположен на 6 хромосоме и кодирует рецепторы – протеинкиназы, участвующие в фосфорилировании эндоплазматических веществ и взаимодействующие с генами морфогенетических белков кости. BMPR-IB является одним из основных генов, который может быть использован в качестве ДНК – маркера для раннего отбора высокопродуктивных маток.

Соматотропин (гормон роста, соматотропный гормон, GH) является одним из важнейших регуляторов соматического роста животных. Это основной гормон гипофиза. У овец обнаружен полиморфный для дублирования GH в форме двух аллелей, сегрегирующих в популяции: GH1 с одной копией GH-N и GH2, содержащий как GH2-N, так и генные копии GH2-Z. Зрелые продукты этих двух копий гена отличаются по двум аминокислотам, одна замена в положении 9, в зоне второго рецептор-связывающего сайта молекулы GH (Gly заменен на Arg), другая – в положении 63, в составе первого сайта связывания (Gly заменен на Ser по аналогии с белком человека GH) [15]. Соматотропин стимулирует выработку факторов, обеспечивающих нормальное функционирование клеток гранулезы, что в дальнейшем обеспечивает созревание биологически полноценной яйцеклетки. Соматотропин активизирует деятельность ДНК-полимераз. В клетках возрастает биосинтез иРНК и рРНК. Повышается проницаемость для аминокислот и интенсивность биосинтеза белков, возрастает митотическое деление клеток, усиливаются хондрио- и остеогенез, биосинтез гликогена и мобилизация жиров из жировых депо, отложение кальция и фосфора в костях. Соматотропин вызывает

увеличение роста и массы тела у животных. В экспериментах на трансгенных животных показано, что суперэкспрессия гена GH приводит к ускоренному росту и развитию организма животного.

Ген Каллипиги (callipyge muscle hypertrophy gene (CLPG)) также способствует развитию мышечной ткани. У овец, имеющих CLPG, вследствие мутации отмечается гипертрофия определенных групп мышц на бедрах и минимальное количество жира. Недостатки CLPG - это сложное наследование гена вследствие геномного импринтинга и жесткое сухое мясо.

Одним из наиболее перспективных генов-кандидатов, влияющих на показатели мясной продуктивности, является ген миостатина (MSTN, GDF-8). Белок, кодируемый этим геном, ингибирует развитие мышечных тканей. Овцы, имеющие два гена миостатина (гомозиготные), имеют до 10% больше мышечной массы и на 10% меньше жира в туше. Причем на вкус и жесткость мяса это не влияет, но из-за переразвитости мышц таза у овцематки в 70% случаев трудные роды.

Один из гормонов, отвечающих за регуляцию жирового обмена, – это лептин (LEP), белковый гормон, образуемый преимущественно адипоцитами. Лептин состоит из 3 экзонов и 2 интронов, из которых только 2 экзона переводятся на белок, длина которого составляет 167 аминокислот, и в основном синтезируется в белой жировой ткани. Лептин выступает как центральный регулятор массы жира в организме, функционирующий путем снижения количества потребляемой пищи и увеличения расхода энергии. Он также вовлечен в индукцию резистентности к инсулину, что приводит в дальнейшем к модификации метаболических эффектов инсулина. Лептин также играет важную роль в таких биологических процессах, как регулирование воспроизводства и иммунной реакции. Лептин секретируется в кровоток и влияет на синтез посредников в гипоталамусе, регулирующих пищевое поведение.

В настоящее время эффективность геномной селекции ограничена различным характером взаимодействия между локусами количественных признаков, изменчивостью количественных признаков у разных пород. Однако результаты исследований во многих странах подтвердили, что использование статистических методов совместно с геномным сканированием увеличивает надежность прогноза племенной ценности.

Отсюда следует, что перспективные гены-маркеры продуктивности овец доказывают целесообразность более широкого внедрения ДНК-маркеров в овцеводство. Преимуществом ДНК-маркеров является возможность определять генотип животного

независимо от пола, возраста и физиологического состояния, что позволяет значительно улучшить селекционно-племенную работу. Систематический отбор животных – носителей генетических маркеров и рациональное их использование позволит в последующих поколениях повысить частоту встречаемости животных с высокой продуктивностью.

Контрольные вопросы:

1. Что такое геном?
2. Какие цели преследует геномная селекция?
3. Что такое снип?
4. Что Вы понимаете под однонуклеотидным полиморфизмом?
5. Что собой представляет ДНК-чип?
6. Из чего складывается геномная оценка животного?
7. Как определяется наличие снипов?
8. Какие снипы относят к главным, какие к второстепенным?
9. Из какого биологического материала выделяют ДНК для создания олигонуклеотидного биочипа?
10. Каково преимущество использования биочипов перед другими методами в селекции животных?
11. Геномная селекция в молочном скотоводстве.
12. Геномная селекция в свиноводстве.
13. Геномная селекция в овцеводстве.

ГЛОССАРИЙ

Аборигенный скот - местный скот определенного региона. В результате длительного разведения «в себе» хорошо приспособлен к местным условиям. Продуктивность аборигенного скота обычно невысокая, однако путем подбора и отбора лучших особей при чистопородном разведении и скрещивании с заводскими породами получают высокопродуктивных животных без потери положительных свойств исходных групп.

Адаптация - Наличие или появление признаков, которые в определенных условиях среды оказываются выгодными для особи и благодаря которым организм приобретает способность к существованию в данной среде. Адаптация может быть достигнута двумя путями: генотипическим и фенотипическими модификациями. При генотипической адаптации в результате изменений генотипа или включения в реакцию организма новых генов может возникнуть новая форма реакции, которая обеспечивает организму нормальное существование там, где с другой нормой реакции он оказывается неприспособленным к условиям окружающей среды.

Адаптация эволюционная - приспособление к систематическим, постепенно протекающим в одном направлении изменениям условий среды. Выражается в генотипической перестройке организма, происходящей в ходе эволюции под давлением отбора. Адаптация эволюционная - процесс, происходящий в большой группе организмов за период времени, охватывающий несколько поколений. Свойственна аборигенным породам животных, когда искусственный отбор не нарушает приспособительных к определенным условиям свойств организма, или, наоборот, способствует их закреплению у данной группы животных.

Аддитивный эффект (аддитивное действие генов). Суммарное действие генов на проявление определенного признака.

Аллельная модификация. Изменения фенотипического проявления одного и того же аллеля. Примером могут служить возрастные изменения в проявлении наследственных аномалий.

Аллогруппа - совокупность аллотипов, наследуемых как одна группа.

Аллопатрическими называют популяции, обитающие в

разных местах. Следовательно, аллопатрическое видообразование всегда связано с действием пространственно-географических изолирующих механизмов. Аллопатрическое, или географическое, видообразование, как правило, - процесс постоянный. Биологическая репродуктивная изоляция бывает побочным продуктом длительного периода такого развития.

Аллотины - генетически детерминируемые антигенные варианты сывороточных белков, по которым различают особей одного вида.

Альбумины - Группа белков низкого молекулярного веса, растворимых в воде. Входят в состав сыворотки крови, молока и яиц птиц.

Ановуляторный половой цикл. Неполноценный половой цикл, при котором не происходит овуляция фолликула.

Антигенами называют вещества, которые при их введении в организм вызывают образование специфических веществ, антител.

Антигены - вещества, несущие признаки генетической чужеродности, которые при введении в организм (кроме желудочно-кишечного тракта) вызывают иммунный ответ (образование антител).

Антикодон - три смежных нуклеотида в молекуле РНК, которые комплементарны и соединяются с тремя нуклеотидами кодона в молекуле РНК в процессе синтеза белка.

Антитела - белки глобулиновой природы, образующиеся в организме в ответ на введение вещества, несущего в себе признаки генетически чужеродной информации.

Антитела образуются из гамма-глобулина в особом классе лимфоцитов под воздействием антигенов.

Анэстральный половой цикл. Неполноценный половой цикл, при котором не наблюдается течки.

Аутбридинг - спаривание животных, не состоящих в родстве. Противоположность аутбридинга - инбридинг. При аутбридинге рецессивные мутации, находящиеся в гомозиготном состоянии, переходят в гетерозиготное состояние и не оказывают негативного влияния на жизнеспособность организма. Аутбридинг - основной метод подбора с.-х. животных как при чистопородном разведении, так и при скрещивании. Аутбридинг повышает гетерогенность потомков, объединяет в гибридных животных аллели, существующие у родителей. Аутбридинг используется для

объединения ценных качеств линий и пород и для избежания депрессии, вызываемой инбридингом. Он позволяет одновременно повысить устойчивость передачи наследственных качеств и получать животных желательных типов с высокой жизнеспособностью.

Банк данных племенного скота - организованная совокупность информации, собранной и хранящейся на машинных носителях (машинных дисках), и предназначенная для обработки на ЭВМ. Используется для автоматизации племенного учета, оценки племенной ценности животных, отбора, подбора, анализа результатов племенной работы, прогноза результатов селекции, моделирования и оптимизации селекционных программ.

Банк спермы - хранилище спермы производителей, законсервированной путем глубокого замораживания в жидком азоте. Создается на предприятиях по искусственному осеменению животных областных и республиканских племобъединений.

Барьеры генетические (барьеры размножения). Барьеры между видами, подвидами, расами, популяциями, препятствующие гибридизации. Бывают внешние (географические, экологические и временные изоляционные механизмы) и внутренние. К внутренним барьерам относятся: особенности строения половых органов, препятствующие копуляции (половому акту), несоответствие в строении гаплоидных наборов хромосом, иммунологическая несовместимость и т. д.

Беременность - физиологическое состояние самки в период плодоношения. Начинается от оплодотворения, заканчивается рождением зрелого плода (иногда аборт). У с.-х. млекопитающих оплодотворенные яйцеклетки (зиготы) продвигаются по яйцеводу в матку, затем прикрепляются и внедряются в её стенку (имплантируются). В месте внедрения формируется плацента, через которую плод обеспечивается всеми необходимыми для развития веществами. С наступлением беременности у самки прекращаются половые циклы, происходят значительные изменения в гормональном балансе, обменных и энергетических процессах. Наиболее выражены изменения в половых органах: в яичниках формируется один или несколько желтых тел, которые обеспечивают развитие и сохранение беременности. Масса матки (без плода) увеличивается в 5 - 20 раз, а её размеры - в сотни раз (главным образом, за счет гипертрофии мышечных волокон). У

разных видов с.-х. животных беременность имеет определенное название: у коров -стельность; кобыл, ослиц, верблюдиц - жеребость, свиней - супоросность, овец и коз - суягность, крольчих - сукрольность, пушных зверей - щенность. Средняя продолжительность беременности у животных (в сут.): у коров - 285, кобыл - 340, овец и коз - 150, свиней - 114, буйволиц - 307, ослиц - 380, верблюдиц - 365, собак - 62, крольчих - 30, норок - 43, лис - 51, бобрех - 106, соболей - 265, ондатр - 25, нутрий - 127, самок северного оленя - 225, песца - 51. Беременность может быть одноплодной (как правило, у крупных животных) и многоплодной (у мелких), обусловленной созреванием и овуляцией нескольких яйцеклеток в период одной охоты.

Бесплодие - неспособность зрелого организма производить потомство. Относится как к самкам с.-х. животных, так и самцам (импотенция). Может быть врожденным и приобретенным. Врожденное бесплодие встречается сравнительно редко, вызывается аномалиями в развитии половых органов (инфантилизм, гермофродитизм, фримартинизм, крипторхизм и др.), которые являются результатом близкородственного разведения животных. Значительно чаще в практике животноводства наблюдается приобретенное бесплодие; оно может быть временным (устранимым) и постоянным (неустранимым). Самая распространенная причина - недостаточное и неполноценное кормление (алиментарное бесплодие), приводящее к расстройству деятельности желез внутренней секреции, регулирующих половые процессы. Другая существенная причина - нарушения в организации и проведении естественного и особенно искусственного осеменения животных. Уровень бесплодия из-за заболеваний половых органов составляет в хозяйствах не более 30% всех случаев. Чаще наблюдается при заболевании животных бруцеллезом, колибактериозом, трихомонозом и другими инфекционными и паразитарными болезнями.

Близкое родственное разведение – спаривание между собой детей братьев или сестер, братьев с детьми, их братьев и т.д. Степень родственного разведения у полученного таким образом потомства обозначают: III-III, II-III, III-II, I-IV, IV-I.

Бонитировка. Бонитировкой называется ежегодно проводимая оценка качества и типа животных. На основе ее животных разделяют на классы. Она является многосторонней

оценкой продуктивных и племенных качеств по комплексу признаков и завершается назначением каждой особи для дальнейшего воспроизводства в племенной и промышленной сети.

Брак - входят самки стада, выбракованные по возрасту, продуктивности, бесплодности и т. д. Подбора производителей в этой группе не делается.

Бэкроссинг (обратный кросс). Помесных животных, полученных путем скрещивания, покрывают производителями одной из исходных пород. Для обратного скрещивания чаще используется чистопородный производитель В×(В×А). Широко применяется в свиноводстве.

В конечном счете, в практике животноводства различают изменчивость *наследственную и ненаследственную*. К наследственной изменчивости относят мутации и комбинативную изменчивость.

Вводное скрещивание (прилитие крови). Этот метод применяют для улучшения имеющейся достаточно ценной породы по некоторым (иногда лишь по одному) важным признакам при сохранении главных достоинств и типа улучшаемой породы.

Вид – это совокупность особей с общими морфологическими признаками, занимающих один (сплошной или частично разобщенный) ареал, объединенных возможностью скрещиваться друг с другом.

Внутрисемейный отбор. При этом отборе особи отбираются на основании отклонения каждой особи от среднего значения признака по семейству. Животных, которые по селекционному признаку превосходят среднее значение для семьи, отбирают на племя.

Вольная случка - спаривание животных на пастбище. Регулируется только путем отбора производителей и самок перед случным сезоном. Различают косячную, гаремную и класную случки.

Воспроизводство стада - сложный производственный процесс, включающий комплекс организационно-хозяйственных, биологических, зооветеринарных и технологических мероприятий, направленных на получение здорового приплода, его сохранение, выращивание и создание животных, обладающих высокой продуктивностью.

Выбраковка - вывод из стада больных животных с низкой

продуктивностью. Рассматривается как одна из форм искусственного отбора. Интенсивность выбраковки усиливает давление отбора по тому или иному селекционному признаку. Выбраковка проводится на основании данных бонитировки с.-х. животных, зоотехнического учета, результатов ветеринарного обследования и оформляется актом.

Выранжеровка - вывод из стада (отары, табуна, группы) животных, не удовлетворяющих требованиям развития по основным хозяйственно-полезным признакам. Осуществляется согласно бонитировке животных, или оценке по продуктивным качествам, морфо-функциональным свойствам вымени и т. д. Как правило, выранжированные животные используются в дочерних хозяйствах.

Габитус - облик животного, определяемый совокупностью внешних морфологических признаков. Рассматривается в неразрывной связи с конституциональными особенностями и продуктивностью, что обуславливает правомерность оценки животных по внешнему виду.

Гаплоидный - обозначает клетки или особи с одинарным набором хромосом и имеет символ *n*. Все с.-х. животные - это диплоидные организмы, так как их клетки обладают двойным набором хромосом, образовавшимся в результате слияния наборов хромосом отца и матери. В норме у с.-х. животных гаплоидными являются только гаметы.

Гаплотип - совокупность сцепленных генов одной хромосомы, контролирующих аллогруппу.

Гастрюляция - стадия эмбрионального развития, в ходе которой клетки, возникшие в результате дробления зиготы, образуют три основных зародышевых листка: эктодерму, энтодерму и мезодерму. Достигнутая эмбриональная стадия называется гастрюлой.

Ген - это участок ДНК, определенная последовательность нуклеотидов, в которой закодирована информация о синтезе одной молекулы белка (или РНК), и как следствие, обеспечивающая формирование какого-либо признака и передачу его по наследству.

Ген Каллипиги (callipyge muscle hypertrophy gene (CLPG)) также способствует развитию мышечной ткани. У овец, имеющих CLPG, вследствие мутации отмечается гипертрофия определенных групп мышц на бедрах и минимальное количество жира.

Недостатки CLPG - это сложное наследование гена вследствие геномного импринтинга и жесткое сухое мясо.

Ген каппа - казеина используются в качестве потенциальных маркеров молочной продуктивности и отвечают за белкомолочность и технологические свойства молока. Он является единственным белком, на который действует сычужный фермент. Во всех породах крупного рогатого скота наблюдается различная частота встречаемости генетических вариантов А и В каппа - казеина. По результатам ряда исследований выявлено, что молоко коров носительниц генотипа ВВ каппа - казеина, характеризуется лучшими коагуляционными и технологическими характеристиками: высокими показателями белка и качественными показателями по выходу сыра (меньший процент влаги, высокое содержание белка и жира) и органолептическими свойствами. Ведущие ассоциации животноводов Европы предложили считать генотип ВВ каппа - казеина важным с экономической точки зрения селекционным критерием продуктивности для молочных пород крупного рогатого скота.

Ген мутатор - повышает скорость мутирования другого гена.

Ген *O* диацилглицерол *O* - ацилтрансферазы 1 (*Diacylglycerol O-Acyltransferase, DGAT1*) кодирует фермент, участвующий в синтезе триглицеридов. Полиморфизм этого гена оказывает влияние на содержание внутримышечного жира в мышцах животных. Ген DGAT1, содержащий QTL, маркирует продуктивные признаки племенного стада. Аллельный вариант К ассоциирован с повышенным содержанием жира, в то время как вариант А ассоциирован - с высокими удоями. Таким образом, ген DGAT1 может быть использован в качестве генетического маркера признаков молочной продуктивности.

Ген пролактина (*Bovine Prolactin Gene, bPRL*) относится к семейству белковых гормонов. Он принимает активное участие в поддержании лактации. Отмечено благоприятное влияние аллеля G на выход молочного жира и белка, а также уровень удоя. У сельскохозяйственных животных этот ген является идеальным кандидатом для анализа связи локусов количественных признаков (QTL) с показателями молочной продуктивности, а также дополнительным критерием отбора при селекции.

Ген соматотропного гормона (*Bovine Growth Hormone, bGH*), один из первых в качестве «генов - кандидатов», был

использован в качестве нетрадиционного увеличения продуктивности сельскохозяйственных животных. Во всех породах крупного рогатого скота прослеживается полиморфизм с различной частотой встречаемости генетических вариантов L и V гена bGH. Имеются сведения о влиянии двух аллелей этого гена на фенотипическое проявление признаков продуктивности. При этом животные, гомозиготные по V аллелю имели более высокую молочную продуктивность, чем особи с гетерозиготным генотипом LV. Ген bGH является QTL и может использоваться в качестве маркера для прогнозирования продуктивности пород молочного направления.

Гена действие - выражается в образовании специфического признака, который при потере соответствующего гена не образуется, а при мутировании - изменяется. Признак возникает в результате взаимодействия гена с внешней и внутренней средой на основе обратных связей. Регуляция действия генов сложна и до конца не выявлена. Действие гена может быть монотропным, если проявляется только в одном признаке, или плейотропным. Для подавляющего большинства генов характерно второе.

Гена действие комбинированное - одно временное проявление у гетерозигот признаков, обусловленных обоими аллелями одной аллельной пары. Чаще используется термин кодоминантное проявление.

Гена репликация - процесс удвоения гена для получения второго (или последующего) идентичного гена. Происходит в хромосомах путем построения комплементарной полинуклеотидной цепи ДНК.

Генеалогическая линия – это потомство определенного мужского предка по отцовской стороне в нескольких генерациях. Генеалогические линии дольше сохраняются у позднеспелых животных (крупный рогатый скот, лошади) и меньше - у скороспелых видов животных (свиньи, птицы), так как в каждой последующей генерации генетическое сходство с родоначальником в результате расщепления снижается. В племенной работе принадлежность животных к определенной генеалогической линии учитывается для того, чтобы избежать стихийного родственного спаривания.

Генерация (поколение). Группа особей, одинаково отдаленных от общих по происхождению предков. Условно

обозначается буквой F и цифрой, указывающей номер поколения по отношению к исходному предку: F₁ - первое, F₂ - второе и т. д. Генерация при отборе используется для расчетов коэффициента родства и инбридинга.

Генетика - раздел биологии, изучающий наследственность и изменчивость. Включает ряд направлений: по объекту исследований (человек, животные, растения, микроорганизмы); уровню объектов исследований (популяция, организм, клетка); по подходам (биохимическая, физиологическая, цитогенетика, молекулярная).

Генетическая гигиена (генетическая профилактика). Раздел ветеринарии и зоотехнии, изучающий проблемы предотвращения передачи из поколения в поколение генетических аномалий, летальных и полуметальных генов.

Генетическая дистанция (генетическое расстояние). Степень генетического сходства между группами животных.

Генетическая информация - наследственные потенции, записанные в последовательностях нуклеотидов ДНК (или РНК).

Генетические аномалии - морфофункциональные нарушения в организме животных, возникающие в результате генных и хромосомных мутаций.

Генетические карты - распределение генов в хромосомах. Их картирование основано на теории линейного расположения генов и определении расстояния между генами согласно частот кроссинговеров.

Генетические параметры - статистические показатели, с помощью которых дается селекционно-генетическая характеристика популяции или отдельного стада по хозяйственно-полезным признакам. К ним, например, относятся: коэффициенты изменчивости, наследуемости, корреляции между селекционируемыми признаками, повторяемости, регрессии и т. д. В селекции с.-х. животных наследуемость и повторяемость свидетельствуют об эффективности проведения массового отбора, основанного на оценке фенотипа.

Генетический маркер (генетическая метка). Удобный для генетического анализа признак, позволяющий следить за характером наследования других признаков, с которыми данный маркер сцеплен.

Генетический потенциал - комплекс наследственных

задатков, находящихся в определенных комбинациях и обеспечивающих максимальный уровень развития и продуктивности животных. В селекции с.-х. животных под данным термином понимается способность особи проявлять высокий уровень развития признака в определенных благоприятных условиях среды.

Генетический сдвиг - изменение генетического состава популяции (стада) под влиянием отбора.

Генная инженерия (использование рекомбинантных ДНК). Биотехнологические методы, позволяющие соединить синтетические или природные фрагменты ДНК с молекулами ДНК, которые способны реплицировать в клетке, с целью получения новых свойств клеточных клонов, микроорганизмов, растений и животных.

Генное соотношение - соотношение частот аллелей одного гена в популяции (стаде).

Генные кластеры - группы тесно сцепленных генов, затрагивающих родственные функции, или дополняющие друг друга функционально.

Генных мутаций частота - частота, с которой ген мутирует в другой аллель на протяжении одного поколения (или определенного фиксированного отрезка времени).

Генов взаимодействие - происходит всегда, когда наследуемые признаки обусловлены более, чем одним геном, независимо от того, являются ли эти гены аллельными или неаллельными. Большинство фенотипических признаков - результат взаимодействия генов. Возможны взаимодействия как самих генов, так и генных продуктов.

Геном - гаплоидный набор хромосом с локализованными в нем генами. Генотип - совокупность всех локализованных в хромосомах генов организма. Генетическая конституция организма определяет норму реакции особи при всех возможных условиях среды.

Геномная селекция - был предложен Хайли и Вишером в 1998 году, а Мовиссен с соавторами в 2001 году разработали принципиальную методологию аналитической оценки племенной ценности на основе ДНК-маркеров, которые охватывают весь геном животного.

Генофонд - совокупность генов группы особей одного вида, в

пределах которой они характеризуются определенной частотой. Употребляются термины: генофонд стада, генофонд породы, генофонд популяции, генофонд вида.

Генофондное стадо - группа животных локальных или аборигенных пород, выделенная для сохранения генофонда породы.

Гетерогенный подбор - спаривание животных, при котором к определенному производителю подбираются несходные с ним матки. Цель такого подбора - получение потомков с измененными по сравнению с одним или обоими родителями признаками. Проводится для увеличения генетического разнообразия в стаде, соединения в одном животном желательных признаков обоих родителей, повышения жизнеспособности потомков, получения эффекта гетерозиса.

Гетерозис - это свойство потомства превосходить по селекционируемым признакам среднее значение данных признака родителей. Максимальный эффект гетерозиса проявляется в первой генерации. Проявление гетерозиса объясняется главным образом взаимодействием генов (эффект доминирования и эпистаза), аддитивным действием положительно влияющих доминантных генов, присутствующих в разном наборе у родителей и соединяющихся в потомках, а также более благоприятным проявлением некоторых генов гетерозигот по сравнению с гомозиготами.

Гибридами в широком генетическом смысле называются любые гетерогенные животные независимо от их происхождения. Получение гибридов с использованием инбредных линий нашло широкое применение в птицеводстве (двойные и реципрокные гибриды).

Гибриды межвидовые - гибриды, полученные от скрещивания особей разных видов. Межвидовая гибридизация достигается не всегда и не при всех типах скрещивания. Если она удастся, то у гибридов очень часто наблюдается нарушение воспроизводительной способности, причина которой в дисгармонии геномов.

Гибриды межлинейные - однородная группа особей, полученная при скрещивании двух или нескольких константных линий. Эти линии или инбредные, или отселекционированные в разных направлениях.

Гомогенный подбор - спаривание животных, сходных по ведущим признакам и происхождению, с целью их закрепления и развития у потомства по принципу: лучшее с лучшим дает лучшее. Подбор считается однородным, если спариваемые особи по определенному признаку отклоняются от среднепопуляционного не более чем на $1/2$ стандартного отклонения. Данный метод чаще используется для выведения племенных животных с устойчивой наследственностью. Однако при длительном его применении в ряде поколений может наступить снижение генетического разнообразия стада или породы.

Группа крови – это один или несколько антигенов, расположенных на поверхности эритроцитов крови. Группы крови наследуются по законам Г. Менделя и не изменяются в течение всей жизни.

Дарвинская приспособленность - относительная приспособленность одного генотипа по сравнению с другими, оцененная по его вкладу в следующее поколение.

Детерминация генетическая - установление функционального состояния организма, приводящего к определенному дальнейшему развитию. В процессе детерминации выявляется, какой из возможных типов развития будет реализован. Этот момент зависит от активизации тех или иных генов в определенное время.

Дисперсионный анализ - один из основных методов биометрии, с помощью которого осуществляется статистическая оценка одного и более факторов, влияющих на изменчивость хозяйственно-полезных признаков в популяции или группе животных.

ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота). Высокополимерное соединение, состоящее из большого количества нуклеотидов. В состав входят пуриновые (аденин и гуанин) и пиримидиновые (тимин и цитозин) основания. В основном находится в хромосомах (небольшие количества в митохондриях и пластидах) и содержит наследственную информацию организма.

ДНК-чип представляет собой подложку с нанесенными на нее ячейками, в которых помещено вещество-реагент. Как правило, исследуемый материал помечают различными метками (чаще флуоресцентными красителями) и наносят на ДНК-биочип. Вещество-реагент (олигонуклеотид) при классической ПЦР-

реакции связывает в исследуемом материале ДНК только комплементарный фрагмент. В результате в той ячейке, где произошла реакция, регистрируется свечение. Таким образом, в 50 тысячах локусов можно выявить присутствие или отсутствие желательного для селекции аллеля.

Доместикация - одомашнивание животных, в результате чего они приобретают новые хозяйственно-полезные признаки. У животных вырабатываются рефлексы, обеспечивающие их постоянное общение с человеком.

Донор эмбрионов - Самка, от которой получают эмбрионы. Их можно получить при спонтанной или стимулированной овуляции. Как правило, для этого отбирают выдающихся по племенным качествам животных.

Дочери-матери - способ оценки племенной ценности производителей на основе сравнения продуктивности дочерей с матерями. Недостаток метода в том, что дочери и матери находятся не в одинаковых условиях внешней среды, в связи с этим часто оценка генотипа оказывается смещенной.

Дробление - первый морфогенетический процесс эмбрионального развития многоклеточного организма. Зигота митотически делится на определенное число бластомеров. В одних случаях этот процесс не сопровождается выраженной детерминацией бластомеров, в других (преобладающее большинство) со стадиями дробления могут быть связаны решающие ступени детерминации.

Естественный отбор можно определить как дифференциальное воспроизведение особей. Особи, которые оставляют гораздо больше жизнеспособных потомков и несут больший генетический вклад в генофонд следующего поколения, являются более приспособленными к данным условиям среды.

Заводская линия – группа высокопродуктивных племенных животных, обладающих определенными качественными особенностями, происходящими от выдающегося в породе начальника, стойко наследующих тип телосложения, биологические и хозяйственно полезные свойства, которые поддерживаются и развиваются в линии целенаправленной племенной работой на протяжении 5-6 поколений, после чего они трансформируются в генетические.

Заводское (воспроизводительное) скрещивание. Этот метод

применяют для выведения новой породы из двух или нескольких пород. В зависимости от числа участвующих пород при скрещивании различают простое воспроизводительное скрещивание (две породы) и сложное (три и более). Для скрещивания отбирают породы как мало, так и сильно различающиеся между собой. Чем больше сходство между породами, тем быстрее достигается желаемый результат, и наоборот.

Заводской тип – это группа сельскохозяйственных животных, являющаяся частью породы, созданная на племенном заводе (племяхозе) и в его дочерних хозяйствах в результате длительной селекционной работы при разведении животных сочетающихся линий и кроссов. Животные заводского типа стойко передают по наследству свойственные им морфологические, физиологические, продуктивные и другие хозяйственно полезные качества и сохраняют их в условиях других племенных хозяйств.

Зигота - клетка, образованная в результате слияния гамет разного пола (яйца и сперматозоида) и дающая начало развитию нового организма. Оплодотворенное яйцо, как правило, имеет двойной, диплоидный ($2n$) набор хромосом - материнский и отцовский.

Зональный тип - группа животных, достаточно долго разводима замкнуто в специфических природно-хозяйственных условиях, которая благодаря своим адаптивным качествам к местным условиям отличается лучшей продуктивностью в сравнении с другими животными этой породы и имеет отличительную генеалогическую структуру.

Зоотехнический учет - система регистрации племенных и производственных показателей в животноводстве. Первичные документы зоотехнического учета: индивидуальные карточки производителей и маток; книги учета осеменения животных, отелов, опоросов, ягнения и т. д.; журналы регистрации приплода, получения продукции, оценки производителей по собственной продуктивности и качеству потомства; ведомости и акты приплода, перевода животных из одной возрастной группы в другую, индивидуальной продуктивности и др. Данные первичного племенного учета в племенных хозяйствах заносят в заводскую книгу и используют для составления планов селекционно-племенной работы хозяйства. Сведения о лучших животных

передаются для подготовки государственных книг племенных животных. Данные зоотехнического учета, отражающие получение животноводческой продукции и её качество, состав поголовья и его изменение, расход и использование кормов и другие показатели, используют для составления промежуточных и годовых отчетов о производственной деятельности хозяйства. Обработку и систематизацию данных зоотехнического учета проводят зоотехники и бухгалтеры.

Зоотехния - наука о разведении, кормлении, содержании и использовании сельскохозяйственных животных. Зоотехния разрабатывает экономически эффективную технологию производства на основе совершенствования методов разведения, кормления и содержания животных, широко используя результаты и методы исследования биологических и других наук. Зоотехния делится на общую (разведение и кормление) и частную. Общая зоотехния разрабатывает основы разведения, кормления, содержания и использования всех основных видов и пород сельскохозяйственных животных, частная - технологию ведения отдельных отраслей животноводства. Характерной особенностью современного этапа развития зоотехнии является разработка и внедрение новых более эффективных систем крупномасштабной селекции, основанных на широком использовании генетических методов оценки животных и интенсивном использовании производителей, а также применении современных методов управления племенной работой с помощью ЭВМ.

Изменчивость - отклонение от первоначального (родительского) типа в результате наследственных вариаций, новых комбинаций или рекомбинаций и мутаций, происходящих в нескольких сменяющих друг друга поколениях или в популяции. Изменчивость может быть наследуемой и модификационной. Фенотипически изменчивость характеризуется незначительными постепенными переходами между отдельными вариантами (непрерывная, флюктуирующая или количественная), или резкими отклонениями, не связанными между собой промежуточными формами (прерывистая, альтернативная, ступенчатая, качественная).

Изменчивость качественная - форма изменчивости, при которой особи, как носители данных генетических или модификационно обусловленных признаков, могут быть разделены

на четко выраженные группы с наличием или отсутствием данного признака. Качественные признаки дают типичное менделевское расщепление и контролируются одной или несколькими ясно менделирующими парами аллелей, обладающими четко выраженным индивидуальным эффектом.

Изменчивость количественная - форма изменчивости, когда между особями, как носителями признаков, нельзя провести четкого разграничения, т.е. крайние значения признаков связаны друг с другом множеством промежуточных форм. Количественные признаки контролируются большим числом генов и сильно варьируют под влиянием условий среды. Величина изменчивости количественных признаков определяется математическим анализом.

Изменчивость по пороговым признакам, т.е. имеющим полигенную обусловленность, но фенотипически проявляющимся как качественные (альтернативные) признаки. Характерной особенностью пороговой изменчивости является её зависимость от факторов внешней среды. Примером изменчивости пороговой может служить восприимчивость к болезням. До появления инфекции восприимчивые или устойчивые животные остаются здоровыми. В период эпизоотии (эпидемии) появляются особи на разных стадиях болезни, даже без фенотипических проявлений. При развитии заболевания наступает момент, когда животное становится больным, т.е. болезнь проявляется фенотипически.

Изменчивость потенциальная - под потенциальной изменчивостью понимают имеющийся в популяции (стаде), но неразличимый фенотипически резерв изменчивости, проявляющийся только в результате соответствующих процессов расщепления. Большое значение она имеет для обеспечения возможностей с помощью которых отбор создает новые генотипы и фенотипы.

Иммунитет - устойчивость организма к заражному (патогенному) началу: вирусам, микробам, токсинам, простейшим и другим генетически чужеродным соединениям. Обеспечивается функцией иммунной системы и обуславливает постоянство внутренней среды в течение всего периода существования.

Иммуногенетика представляет собой раздел генетики, изучающий наследственность антигенов, антител и особенности их взаимодействия.

Инбредная линия создается на основе тесного инбридинга в течение ряда поколений. Животные этих линий, имея высокую степень гомогенности, отличаются большей генетической схожестью индивидов, чем особи гетерогенной популяции. Кроме того, они имеют высокую однородность в отношении морфологических и физиологических признаков. Инбредные линии служат основой для получения высокопродуктивных пользовательных гибридов. При спаривании сочетающихся инбредных линий у гибридного потомства первого поколения проявляется гетерозис.

Инбредной депрессия - вырождение, снижение продуктивности, жизнеспособности животных в результате применения близкородственного подбора животных. Установлено, что инбредная депрессия сильнее всего оказывает влияние на признаки с низкой наследуемостью и определяющие приспособленность животных - плодовитость, жизнеспособность и способность к адаптации. При инбредной депрессии снижается резистентность, проявляются нежелательные рецессивные аллели вследствие возрастающей гомогенности, что приводит к снижению эффекта селекции в животноводстве.

Инбридинг – спаривание животных, находящихся между собой в родстве. Инбридинг применяется главным образом для усиления гомогенности при отборе по отдельным признакам. Разведение в родстве представляет собой крайнюю форму однородного подбора, так как родственные животные в наибольшей степени сходны между собой по своим биологическим качествам. Они могут быть похожи и по фенотипу, но независимо от этого всегда относительно однородны по своим наследственным качествам. Инбридинг способствует наибольшей консолидации группы инбредных животных и тем самым сохранению и усилению желательных свойств исходных родительских форм.

Индекс генетического сходства - степень сходства двух или более групп животных по обследуемым полиморфным генетическим системам.

Индекс Дохи. Индекс плодовитости коров. Обобщенный показатель, отражающий пожизненную плодовитость самки. При его определении наряду с межотельным периодом учитывается возраст коровы при первом отеле.

Индекс плодовитости животных – это обобщенный

показатель, который отражает лишь регулярность плодоношения в стаде. Плодовитость можно также определить в абсолютных величинах, рассчитав коэффициент воспроизводительных качеств отдельных маток или популяции маточного поголовья по формуле $KVK = 365/I$; где KVK – коэффициент воспроизводительных качеств в поименованных единицах; I – интервал между родами, год.

Индексная селекция - селекция, основанная на отборе животных по селекционному индексу. Достоинство индексной селекции - в возможности получения математического выражения общей племенной ценности животного по большому количеству признаков как самого животного, так и его предков, боковых родственников или потомков.

Искусственный отбор - наиболее ценных в хозяйственном отношении животных и использование их для дальнейшего развития, то есть полное или частичное устранение какой-то группы особей от воспроизводства.

Искусственный отбор по селекционным индексам. Этот метод отбора проводится по комплексу признаков с помощью селекционных индексов. Селекционный индекс включает информацию о нескольких признаках, по которым ведется отбор каждой особи.

Казеины (от лат. caseus – сыр) это основная фракция белка, на ее долю приходится 80% от всех молочных белков. Является наиболее ценным пищевым белком, с полным набором незаменимых аминокислот. Казеины - источник пищевого кальция и фосфора.

Качественные признаки отбора - это такие, между которыми существуют альтернативные различия. Так, гибриды, полученные от скрещивания животных с контрастными качественными признаками, проявляют лишь один признак. Качественные признаки обусловлены одним или несколькими генами и четко выражены в генотипе. При расщеплении они имеют определенный клан по фенотипу. Наследование качественных признаков происходит в соответствии с законами Менделя. Селекция животных по качественным признакам наиболее широко проводится в пушном звероводстве.

Качественные признаки отбора. Эти признаки имеют четкие различные формы – масть черная, красная, рыжая и т. д., комолость и рогатость, группы крови, белковые полиморфные системы и т. д.

Качественные признаки можно выразить и количественно. На фенотипические проявления качественного признака мало влияют условия среды.

Классность животных - принадлежность с.-х. животных к бонитировочным классам, устанавливаемым в результате оценки по комплексу признаков. Классность животных определяют в соответствии с инструкциями по бонитировке с.-х. животных. Учитываются следующие признаки: порода, развитие, экстерьер, продуктивность животного, происхождение и качество потомства. Основной бонитировочный класс - первый. К нему относят животных, имеющих племенные и продуктивные качества на уровне средних показателей большинства животных племенных хозяйств. Минимальные требования к животным по породности и продуктивности для отнесения их к первому классу называют стандартом породы. Эти требования учитываются для записи в Государственную книгу племенных животных. Наиболее ценных особей относят к классам элита и элита-рекорд. Крупный рогатый скот и свиней распределяют по классам: элита-рекорд, элита, первый и второй; лошадей - элита, первый, второй; овец - элита, первый, второй; птицу - элита, первый, второй. Животных, не отвечающих требованиям низшего класса, относят к внеклассным. В зависимости от классности животные получают различные назначения для использования в племенных и пользовательных стадах. Цены на животных устанавливаются с учетом их классности.

Количественные (метрические) признаки отбора. Количественные признаки, проявляющие в большей или меньшей степени непрерывную изменчивость, могут быть измерены и выражены в цифрах, например, надой молока, живая масса, настриг шерсти, прирост и т. д. Между особями по развитию количественных признаков отсутствуют четкие границы, поэтому они могут быть сгруппированы в разные классы (показатели), не отражающие расщепление по генотипу, число которых можно произвольно менять.

Количественные признаки отбора, к которым относится большинство хозяйственно полезных признаков, во многом зависят от действия внешних факторов, и здесь особенно остро стоит проблема соотношения генотипической, в первую очередь аддитивной, и фенотипической изменчивости. Для изучения

количественной изменчивости широко применяют статистику. На количественные признаки в основном опирается современная селекция животных и птицы.

Комбинации – это новые сочетания генов, возникающие в результате расщепления гибридов и рекомбинации генов.

Комбинационная способность - способность пород и линий животных при определенных вариантах скрещивания давать высокопродуктивное потомство. Комбинационная способность - один из важных признаков, по которому ведется селекция сельскохозяйственных животных на гетерозис. Различают общую и специфическую комбинационную способность. Общая комбинационная способность выражается суммарным гетерозисом, полученным во всех вариантах скрещивания, и основана как на аддитивном действии генов, так и на всех отклонениях от него. Специфическая комбинационная способность - результат действия доминирования и эпистаза.

Комбинационная способность линий - сочетаемость линий, генетическое свойство, обусловленное большим числом генов.

Комбинированная селекция – метод отбора, при котором в селекционный критерий включают показатели собственной продуктивности животных и продуктивности родственников. Данные о племенной ценности животных, о продуктивности предков и полусибсов являются единственной информацией о генотипе пробанда до их оценки по собственной продуктивности или получения дочерей.

Комбинированная селекция - метод отбора, учитывающий показатели собственной продуктивности животного и продуктивности родственников.

Контрольно-испытательная станция - специализированное предприятие или ферма, на которой проводится оценка откормочных и мясных качеств свиней и животных других видов.

Корреляция. Под корреляцией понимается взаимосвязь между вариантами одного или двух разных признаков. Различают корреляцию *генетическую*, вызванную плейотропным действием генов или их сцеплением; корреляцию *средовую*, обусловленную факторами среды; и корреляцию *фенотипическую*, возникающую на основе действия генотипа среды.

Косвенный отбор - форма отбора, при которой признаки не подвергаются прямой селекции. Эффективность косвенного отбора

зависит от генетической корреляции между главным и неселекционируемым признаком и степени наследуемости последнего.

Коэффициент воспроизводительной способности. Показатель характеризующий плодовитость маточного поголовья крупного рогатого скота.

Коэффициент инбридинга. Показатель, характеризующий степень увеличения гомозиготности в популяции под влиянием близкородственного спаривания. Степень инбридинга можно установить по формуле Райта-Кисловского, в основе которой лежит определение коэффициента возрастания гомозиготности:

Коэффициент наследуемости. Основным генетическим параметром, численно показывающим долю наследственной изменчивости признака и, следовательно, являющимся селекционным показателем отбора по продуктивным и племенным качествам. Этот генетический параметр лежит в основе селекции.

Кросс линий - это комплекс высокопродуктивных отселекционированных линий, которые по определенной схеме скрещивания дают потомство, характеризующееся положительным гетерозисом по продуктивным признакам и жизнеспособности. Гетерогенное потомство (гибриды) используются в товарном животноводстве. Кроссы широко применяются в птицеводстве и свиноводстве.

Лептин (LEP) - один из гормонов, отвечающих за регуляцию жирового обмена, белковый гормон, образуемый преимущественно адипоцитами. Лептин состоит из 3 экзонов и 2 интронов, из которых только 2 экзона переводятся на белок, длина которого составляет 167 аминокислот, и в основном синтезируется в белой жировой ткани. Лептин выступает как центральный регулятор массы жира в организме, функционирующий путем снижения количества потребляемой пищи и увеличения расхода энергии.

Линия - размножающиеся половым путем родственные организмы, которые происходят от одного предка или одной пары общих предков и воспроизводят в ряду поколений одни и те же наследственные устойчивые признаки. Скрещивание линий дает генетические обедненные, но высокопродуктивные гибриды в растениеводстве и животноводстве.

Массовый искусственный отбор. При этом методе отбора из популяции отбирают большое число лучших особей на основе их

фенотипической оценки. Это наиболее простой отбор, который дает эффект при относительно большой величине количественного признака. При низкой наследуемости признака он малоэффективен.

Межпородное скрещивание (гибридизация) – это скрещивание животных разных видов для получения пользовательных животных и создания новых пород.

Метод улучшения местного скота «в себе». Этот метод основан на длительном отборе и подборе, направленном выращивании молодняка в улучшенных условиях кормления и содержания.

Микроэволюция - это возникновение более крупных, чем вид, таксономических единиц (родов, семейств и т. д.).

Мутации – это внезапно возникающие ненаправленные изменения генетического аппарата, включающие как переход генов из одного аллельного состояния в другое, так и различные изменения числа и структуры хромосом. Мутации, возникающие в генеративных клетках (генеративные мутации), передаются по наследству, а мутации, происходящие в клетках (соматические мутации), у сельскохозяйственных животных не наследуются. Возникновение наследственных изменений (мутаций) обусловлено спонтанным (естественным) появлением или может быть вызвано различными физическими или химическими факторами.

Наследование - процесс передачи наследственной информации от одного поколения другому. Наследование можно проследить иногда по одной или более парам особей (мать-дочь, отец-сын, дед-внук и т.д.).

Наследственность - свойство организма обеспечивать материальную и функциональную преемственность между поколениями, а также обуславливать специфический характер индивидуального развития в определенных условиях среды.

Наследуемость признака отражает относительную долю наследственной изменчивости в общей фенотипической изменчивости популяции. Наследуемость измеряется коэффициентом наследуемости (h^2) и относится как статистическое понятие только к группе особей популяции. Символ h^2 обозначает наследуемость, а не ее квадрат. Наследуемость количественного признака принято считать одним из важных его свойств. С его помощью можно прогнозировать селекционную ценность особей по их фенотипу.

Ненаследственная, или модификационная, изменчивость (модификация) - это наследственные изменения признаков организма (фенотипа), вызванные влиянием окружающей среды, таким как кормление, условия содержания и др. Эту изменчивость еще называют паратипической. Она проявляется у животных только данного поколения и не наследуется, то есть модификации представляют однозначные реакции организма на воздействие среды, когда одно и то же воздействие вызывает одинаковую и определенную модификацию у всех подвергшихся этому воздействию животных.

Общая комбинационная способность (ОКС) – это способность линий или отдельного животного, чаще всего производителя, давать высокопродуктивных потомков при спаривании с самками, различающимися по генотипу. ОКС производителей выявляется в высокой продуктивности их многочисленных потомков и оценивается отклонением продуктивности потомков от средней продуктивности по популяции. Она соответствует общей племенной ценности животных и базируется на гетерогенности аддитивных и неаддитивных генных пар.

Отбор - процесс, который на основе дифференцированной выживаемости и размножения определяет относительную долю потомства, оставляемую каждой генетической группой популяции в последующих поколениях. Таким образом решается, какая часть исходного материала, представляемого для отбора изменчивостью, имеет шансы на сохранение, выживаемость и распространение внутри данной популяции. Термин «отбор» охватывает все факторы, способные вызвать в популяции постоянные генотипические изменения от поколения к поколению. Действие отбора теоретически должно прекратиться при реализации всей генетической изменчивости, т.е. закреплении в популяции всех желательных аллелей и генетических комбинаций.

Отбор движущий - форма отбора, под воздействием которого происходит постоянное изменение популяции в определенном направлении.

Отбор дизруптивный - отбор, благоприятствующий одновременно двум крайним формам за счет элиминации промежуточных. Этот тип отбора действует, когда при усиленной конкуренции определенных генотипов их жизнеобеспеченность

определяется приспособлением к более узкому жизненному пространству, и популяция проявляет тенденцию к расчленению на более мелкие, локальные группы.

Отбор племенной - метод искусственного отбора, цель которого создание животных с новыми признаками. Усиление или закрепление в поголовье признака, имеющегося у одного или обоих родителей.

Отбор по независимым уровням. При этом отборе для каждого селекционируемого признака устанавливается минимальный стандарт. Особи, которые по какому-то одному из признаков не отвечают установленным требованиям, не допускаются к дальнейшему воспроизводству. В отличие от метода тандемной селекции рассматриваемый метод позволяет вести отбор одновременно по нескольким признакам.

Отбор по происхождению (по родословной). Происхождение, или родословная, - один из существенных показателей для генетического совершенствования стада.

Отбор по селекционным индексам теоретически считается наиболее эффективным. Его сущность состоит в том, что из селекционного процесса не исключают животных, которые имеют низкий уровень развития одного признака при высокой ценности других. При индексной селекции отбор ведется по комплексу признаков с учетом их экономического значения, наследуемости и корреляции с другими признаками.

Отбор по экстерьеру и продуктивности - это в основе своей экспертная оценка животных при бонитировке. Ее основу составляет признание того, что лучшие генотипы находятся среди лучших фенотипов.

Отбор предков, оцененных по качеству потомства. Этот метод искусственного отбора используется в животноводстве и птицеводстве. Критерий отбора особей (преимущественно производителей) - среднее значение признака их потомства.

Отбор стабилизирующий - отбор, в результате которого среднее значение признака в популяции не меняется. Происходит благодаря селекционному преимуществу "нормального" фенотипа перед уклоняющимися формами; снижает изменчивость и повышает адаптационную способность организмов.

Отбор тандемный - последовательное улучшение популяции путем отбора по одному, а затем и другим селекционным

признакам. Происходит на протяжении ряда поколений (эффективность в этом случае снижается из-за наличия отрицательных корреляций между признаками) или в течение одного поколения - последовательно по ряду признаков. Примером может служить последовательная оценка производителей по ряду признаков - вначале по развитию, затем по качеству спермы и на заключительном этапе по качеству потомства.

Отбор центробежный - одно из возможных направлений отбора, которое реализуется при такой адаптированности особей со средним проявлением признака к типичным условиям, что практически любое отклонение от средней величины приобретает селективное преимущество. Это способствует увеличению изменчивости и прогрессивному отклонению в популяции и ведет к расщеплению ее на дивергирующие типы.

Отдаленное родственное разведение – спаривание животных, находящихся в отдельном родстве между собой. Отдаленное родственное разведение обозначают: III-V, V-III, II-IV, IV-II, I-VII, VII-I.

Переменное (ротационное) скрещивание. При переменном скрещивании, в отличие от промышленного, лучших маток I поколения используют для получения от них потомства. При этом маток осеменяют чистопородными производителями попеременно то одной, то другой породы. В результате поддерживается гетерогенность, оказывающая стимулирующее влияние на развитие помесей, и обеспечивается относительная однородность помесей по главным биологическим и хозяйственно полезным признакам. Это обычно не наблюдается при скрещивании помесей друг с другом.

Племенная группа - имеется в каждом пользовательском маточном стаде. В нее входят лучшие по породности, продуктивности и экстерьерно-конституциональным качествам самки, от которых намечается оставлять приплод для ремонта маточного поголовья. Эта группа (ее называют и племенным ядром) выделяется с таким расчетом, чтобы число ремонтного молодняка несколько превышало число требуемого для ремонта маточного стада.

Племенная книга - запись племенных животных, удовлетворяющих требованиям стандарта породы по племенным, продуктивным качествам и происхождению. В них обобщается передовой опыт и достижения племенных и других лучших

хозяйств в разведении и совершенствовании породы, стад и линий, анализируется генеалогическая структура породы, определяются пути и направленность селекции по улучшению продуктивных и племенных качеств животных.

Племенная ферма - подразделение с.-х. предприятия, основным предназначением которого является получение племенных животных для воспроизводства своего стада и продажи в другие хозяйства. Выполняют задачу обеспечения товарных стад высокоценными животными.

Племенная ценность - уровень генетического потенциала животного и его влияние на хозяйственно-полезные признаки потомства. Общая племенная ценность определяется статистическими методами, а специфическая - на основе научно-производственных опытов.

Племенная ценность производителя - (Sire breeding value). Выражение прогноза аддитивной генетической ценности быка по какому-либо хозяйственно-полезному признаку (например, удою, живая масса, настриг шерсти и т.д.). В современных программах для прогноза племенной ценности производителей используется оценочная функция решений (наилучших линейных несмещенных прогнозов) смешанной системы уравнений. Математическое выражение племенной ценности зависит от вида исходной модели, принятой для испытания быков по качеству потомства.

Племенное животное - сельскохозяйственное животное с достоверным происхождением и высокими продуктивными качествами, оцененное в установленном соответствующими органами государственной племенной службы порядке и предназначенное для воспроизводства.

Племенное хозяйство - хозяйство, располагающее высокопродуктивным стадом животных определенной породы, где проводится комплекс зоотехнических и хозяйственных мероприятий, направленных на улучшение продуктивных и племенных качеств существующих и выводимых пород, типов, линий животных.

Племенное ядро - группа нормально развитых, лучших по происхождению, продуктивности, воспроизводительным свойствам животных, предназначенных для воспроизводства высококачественного молодняка.

Племенной завод (племзавод, конезавод, племенной

птицеводческий завод) - Высшая категория предприятия по племенному делу, стадо которого обладает консолидированными хозяйственно-полезными признаками и оказывает существенное влияние на совершенствование породы. Занимается совершенствованием племенных и продуктивных качеств животных разводимых пород согласно их назначению и специализации, улучшением генетической и генеалогической структуры породы, выращиванием производителей для племпредприятий.

Повторяемость. Степень соответствия между несколькими оценками животного по одному и тому же признаку, произведенными в разное время, например прирост одного и того же животного в разном возрасте, величина надоя, учтенного в разные месяцы лактации, настриг шерсти за смежные годы, многоплодность свиноматок за разные годы. Для изучения повторяемости признаков применяется корреляционный и дисперсионный анализы. При корреляционном анализе вычисляется коэффициент корреляции между двумя измерениями по группе животных, при дисперсионном - внутриклассовый коэффициент корреляции. Коэффициент повторяемости часто используется при оценке племенных качеств производителей как критерий достоверности полученных результатов.

Поглотительное (преобразовательное) скрещивание. Данный метод скрещивания применяется, если необходимы коренная переделка малопродуктивной местной породы и преобразование ее в заводскую. При поглотительном скрещивании используют две породы: местную – улучшаемую и заводскую – улучшающую (сохраняющую свое название).

Под внутрипородным типом понимают распространенную в определенной природно-хозяйственной зоне группу животных данной породы, отличающуюся от других типов той же породы характерными особенностями телосложения и продуктивностью, которые создаются и поддерживаются направленной селекцией и влиянием специфических естественных и хозяйственно-экономических условий.

Пороговые признаки отбора. Это признаки, проявление которых зависит от порога действия наследственных и средовых факторов. Эти признаки характеризуются дискретной изменчивостью, но не характеризуются простым менделевским

наследованием. К пороговым признакам относится устойчивость к болезням (здесь можно выделить два фенотипических класса - больные (1) и здоровые (0) животные), мертворождаемость, бесплодие и т. д. У малоплодных животных двойневость также пороговый признак (два класса - двойня, одинец). Эти значения называются частотами и измеряются относительной величиной от 0 до 1 или в процентах от общего числа животных от 0 до 100%.

Порода – это большая группа сходных по генетически обусловленным хозяйственно-биологическим свойствам и морфологическим признакам сельскохозяйственных животных общего происхождения и одного вида, которым требуются одинаковые природно-хозяйственные условия. Порода представляет собой целостную динамичную систему, поддержание и развитие которой регулируется трудом человека в конкретных природно-экологических условиях. По мнению Д. А. Кисловского, порода - это одновременно и биологическая, и социально-экономическая категория.

Породная группа – это большое число животных, находящихся на стадии становления новой породы, но еще не апробированных.

Породное районирование - плановое размещение пород сельскохозяйственных животных в зависимости от природно-экономических условий. Основной принцип подбора и закрепления пород для определенных зон и районов обусловлен, с одной стороны, биологическими и хозяйственными особенностями животных, их направлением продуктивности, а с другой - экономической целесообразностью, хозяйственной необходимостью и возможностью разведения животных той или иной породы.

Последовательный (тандемный) отбор заключается в том, что в одном, а чаще в нескольких поколениях животных селекционируют только, например, по длине шерсти. После того, как будет достигнут планируемый уровень по этому признаку, переходят на селекцию по другому признаку и т.д. Этот метод, хотя и эффективный, имеет существенные недостатки. Теоретически ожидаемый селекционный эффект при тандемном отборе трудно реализовать на практике, поскольку между признаками существует как положительная, так и отрицательная сопряженность, в результате чего улучшение одного признака будет сопровождаться ухудшением другого, а возможно, и ряда признаков.

Промышленное скрещивание. Для получения пользовательных животных – помесей I поколения с ярко выраженным гетерозисом по продуктивным качествам – применяют промышленное скрещивание. Оно основано на максимальном использовании явления гетерозиса. Промышленное скрещивание может быть простым и сложным. В простом скрещивании участвуют две породы, а в сложном – три и более.

Пространственно-географический тип изолирующих механизмов определяется особенностями ареала и зависит либо от географического расстояния, которое слишком велико по сравнению с возможностью популяции к расселению, либо от различных преград к расселению, например, водных пространств, горных хребтов и т.п.

Различные способы видообразования. Процессы, ведущие к возникновению постоянной репродуктивной изоляции между первоначально скрещивающимися популяциями, называют видообразованием, поскольку в результате возникает новый вид.

Регрессия – степень изменения одного признака в зависимости от изменения на определенную величину другого. На основе регрессии потомков на родителей можно определить коэффициент наследуемости. В этом случае коэффициент наследуемости рассматривается как регрессия племенной ценности генотипа на фенотип.

Реципрокный кросс - спаривание индивидов двух линий или пород, когда каждая из них один раз используется как материнская, а другой - как отцовская форма. В соответствии с этим полученное в результате реципрокного подбора потомство называется реципрокными гибридами.

Родословная – схематическое расположение всех известных предков изучаемого животного на протяжении нескольких поколений. Родословная служит первым источником информации о возможной, племенной ценности животного.

Селекционный дифференциал. Разность между средней признака исходной популяции и средней этого признака отобранной группы животных для получения следующей генерации называется селекционным дифференциалом.

Селекционный индекс - показатель племенной ценности животных, основанный на учете нескольких показателей хозяйственных и биологических признаков.

Селекционный эффект - это разница между средней величиной признака у родительского поколения, в котором проводился отбор, и средней величиной этого признака в дочернем поколении.

Селекция животных – наука, разрабатывающая теорию и методы создания новых и совершенствования существующих пород домашних животных. Она включает процесс изменчивости и наследственности, отбор и создание новых форм животных.

Семейный отбор. На основании среднего значения признака по семейству отбирают или выбраковывают целые семьи. Например, на устойчивость к лейкозу семейства с высокой частотой заболеваемости должны полностью выбраковываться.

Сервис-период - время от родов до оплодотворенного осеменения. По сервис-периоду точно выявляют физиологические возможности воспроизводительных качеств маток.

Симпатрическими называют популяции, обитающие в пределах одной и той же территории. Возникновение нового вида происходит в пределах одной местной предковой популяции.

Симпатрическое, или экологическое, видообразование связано с расхождением групп особей одного вида, обитающих на одном ареале, по экологическим признакам. При этом особи с промежуточными характеристиками оказываются менее приспособленными. Расходящиеся группы формируют новые виды.

Соматотропин (гормон роста, соматотропный гормон, GH) является одним из важнейших регуляторов соматического роста животных. Это основной гормон гипофиза.

Специализированной линией называется генетически обособленная группа животных, разводимая в ряде поколений изолированно от основного массива породы и отселекционированная в определенном направлении. Животные этой линии обладают сходством по типу телосложения и высокой комбинационной способностью при спаривании со специализированными линиями другого направления продуктивности и дают высокий эффект гетерозиса.

Специфическая комбинационная способность - свойство линии давать потомство с эффектом гетерозиса при скрещивании с определенной линией. Измеряется степенью отклонения признаков потомства, полученного в результате этого скрещивания, от признаков потомства других гибридных комбинаций.

Стабилизирующая форма отбора реализуется при постоянных условиях среды или таких ее колебаниях, при которых селективное преимущество остается за нормой, а любые отклонения от нормальной организации понижают приспособленность.

Стандартное отклонение. Большинство хозяйственно полезных признаков отбора обнаруживают непрерывную изменчивость, которая в популяциях обычно соответствует нормальному распределению. Мерой распределения особей вокруг среднего значения по какому-либо признаку служит стандартное отклонение (δ). При нормальном распределении лимиты крайних значений обычно находятся в пределах $\pm 3\delta$.

Структурной единицей породы или стада являются также семейства. Они представляют собой высокопродуктивную группу племенных животных, главным образом маток, происходящих от выдающейся родоначальницы и сходных с ней по конституции и продуктивности.

Тандемный (последовательный) отбор. Этот отбор ведут по очереди (последовательно) по каждому признаку.

Тесное родственное разведение (инбридинг) - когда спаривают наиболее близких родственников (отца с дочерью, мать с сыном, брата с сестрой) тип разведения: I-II, II-I, II-II, I-III, III-I.

Тип репродуктивной изоляции включает в себя большую группу изолирующих механизмов, но все они целиком определяются свойствами самих особей.

Товарная группа - относятся менее ценные по своим племенным и продуктивным качествам матки пользовательского стада. Весь приплод от этих животных (самцы и самки) используются для откорма и убоя.

Умеренное родственное разведение (лайнбридинг) – спаривание животных, находящихся в отдельном родстве между собой: I-V, V-I, III-IV, IV-III, II-V, V-II, I-VI, VI-I, IV-IV.

Чистопородное разведение. При чистопородном разведении улучшают важные хозяйственно полезные признаки. По существу, все племенные хозяйства применяют чистопородное разведение для сохранения и дальнейшего улучшения племенных и продуктивных качеств уже созданных пород.

Экологические барьеры определяются различиями в экологических требованиях разных популяций на тех или иных стадиях жизни особей. При этом если экологические барьеры

возникают на нерепродуктивной стадии, то они в основном определяются разной биологией питания, то есть различными пищевыми предпочтениями.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Абонеев, В.В. Иммуногенетика в селекции овец / В.В. Абонеев, Л.Н. Чижова, М.И. Селионова. - Ставрополь, Изд-во М-Арт, 2004. 168 с.
2. Бакай, А.В. Генетика : учебник для вузов / А.В. Бакай, И.И. Кочиш, Г.Г. Скрипниченко. - М.:КолосС, 2007. - 447 с.
3. Жебровский, Л.С. Селекция животных : учебник для вузов. – СПб. : Изд-во «Лань», 2002. – 256 с.
4. Желтиков, А.И. Разведение сельскохозяйственных животных : практикум / сост. А.И. Желтиков, Н.С. Уфимцева, Т.В. Макеева, В.И. Устинова . - Москва : НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет), 2010. - 86 с.
5. Инге-Вечтомов, С.Г. Генетика с основами селекции : учебник для студентов высших учебных заведений. – Издательство Н-Л, 2010. – 720 с.
6. Калашникова, Л. Геномная оценка молочного скота / Л. Калашникова // Молочное и мясное скотоводство, - 2010. - № 1. - С. 10-12.
7. Кахикало В.Г., Иванова З.А., Лещук Т.Л. и др. Практикум по племенному делу в скотоводстве: учеб. пособие. - М.: Лань, 2010.- 288 с.
8. Козлов, Ю.Н. Генетика и селекция сельскохозяйственных животных : учебник для сред. проф. образования / Ю.Н. Козлов, Н.М. Костомахин. - Москва : КолосС, 2009. - 264 с.
9. Межпородное скрещивание как основа создания новых генотипов овец интенсивного мясного направления продуктивности [электронный полный текст] : моногр. / В.И. Трухачев, М.В. Егоров, А.Н. Ульянов, М.А. Воронин, В.Ф. Филенко, В.С. Зарытовский, А.Я. Куликова, В. И. Свиридов ; СтГАУ. - Ставрополь : АГРУС, 2006.
10. Практикум по разведению животных : учеб. пособие для студентов специальности 110401.65 «Зоотехния»/ В.Г. Кахикало, Н.Г. Предеина, О.В. Назарченко - 2-е изд., доп.- СПб.: Лань, 2013.- 320 с.
11. Разведение животных : учебник для студентов вузов. (Гр. МСХ РФ) / В.Г. Кахикало, В.Н. Лазаренко, Н.Г. Фенченко, О.В. Назарченко - 2-е изд., доп.- СПб.: Лань, 2014.- 448 с.
12. Разработка и внедрение методов генетической оценки

крупного рогатого скота ярославской породы по ДНК-маркерам в племенных стадах Ивановской области / Д.К. Некрасов, Л.А. Калашникова, А.Е. Колганов, О.А. Зеленовский, А.В. Семашкин - Иваново, 2017. – 244 с.

13. Рекомендации по геномной оценке крупного рогатого скота / Л.А. Калашникова, Я.А. Хабибрахманова, И.Ю. Павлова, Т.Б. Ганченкова, М.И. Дунин, И.Е. Приданова // ВНИИплем, Лесные Поляны, 2015. – 94 с.

14. Самусенко, Л.Д, Практические занятия по скотоводству: учеб. пособие / Л.Д. Самусенко, А.В. Мамаев. - М.: Лань, 2010.- 240 с.

15. Сельскохозяйственная биотехнология : учеб. пособие для вузов / В.С. Шевелуха [и др.] ; под ред. В.С. Шевелухи. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 2008. - 709 с.

16. Скопичев, В.Г. Поведение животных : учеб. пособие для студентов вузов по специальности 110401 "Зоотехния" / В.Г. Скопичев. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 624 с.

17. Степанов, Д.В. Практические занятия по животноводству : учеб. пособие для студентов по направлениям агр. образования (Гр. УМО) / Д.В. Степанов, Н.Д. Родина, Т.В. Попкова ; под ред. Д.В. Степанова. - 3-е изд., перераб. и доп. - СПб. : Лань, 2012. - 352 с.

18. Суллер, И.Л. Селекционно-генетические методы в животноводстве : учеб. пособие / И.Л. Суллер. - СПб : Проспект Науки, 2017. - 160 с.

19. Суллер, И.Л. Селекционно-генетические методы в животноводстве : учеб. пособие для вузов / И.Л. Суллер. - СПб: Проспект Науки, 2010. - 159 с.

20. Трухачев, В.И. Использование генетического потенциала баранов-производителей организаций по племенному животноводству Ставропольского края для совершенствования племенных и продуктивных качеств овец [электронный полный текст] : метод. рекомендации / В.И. Трухачев, В.А. Мороз, Е.Н. Чернобай ; СтГАУ. - Ставрополь : АГРУС, 2014. – 42 с.

21. Химич, Н.Г. Разведение сельскохозяйственных животных : учеб.-метод. пособие / сост. Н.Г. Химич. - Москва : НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет), 2012. - 88 с.