

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
БРЯНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ
АКАДЕМИЯ

Артюков И.И.
Гамко Л.Н.
Нуриев Г.Г.

РАЗВЕДЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Учебное пособие

«Допущено Министерством сельского хозяйства Российской Федерации
в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению
подготовки «Зоотехния»»

Брянск 2009

УДК 636.082(075.8)

ББК 45.3

А 86

И.И. Артюков, Л.Н. Гамко, Г.Г. Нуриев. Разведение сельскохозяйственных животных. Учебное пособие. Брянск. Издательство Брянской ГСХА, 2009. – 134 с.: ил., табл. (Учебники и учебные пособия для высших с.-х. учебных заведений).

Учебное пособие соответствует программе курса «Разведение сельскохозяйственных животных». В учебнике изложены вопросы происхождения, индивидуального развития, оценка основных продуктивных качеств животных и птицы.

С учётом достижений популяционной генетики освещены вопросы определения племенной ценности животных, отбора и подбора в системе племенной работы, методы разведения, направленные на совершенствования наследственной основы, продуктивности потомства и др.

Материал учебного пособия излагается с учётом знаний, полученных студентами при изучении курса «Генетика».

Предназначена для студентов специальности «Зоотехния», аспирантов и слушателей факультетов повышения квалификации работников агропромышленного комплекса.

РЕЦЕНЗЕНТЫ: доктор биол. наук, профессор Калужского Филиала Российского государственного аграрного Университета – МСХА им. Тимирязева В.М. Шестаков, доктор с.-х. наук, профессор кафедры частной зоотехнии Курской государственной сельскохозяйственной академии Л.И. Кибкало.

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета ветеринарной медицины и биотехнологии Брянской государственной сельскохозяйственной академии, протокол №1 от 07.09.2009 года.

© Брянская ГСХА, 2009
© Коллектив авторов, 2009

ВВЕДЕНИЕ

В экономической стратегии развития АПК особое внимание уделяется вопросам эффективного совершенствования продуктивности животноводства. При этом рост продуктивности скота и птицы – главное направление всей реформы. Достаточно успешно решить эту проблему возможно только лишь с помощью комплексного подхода, который включает широкий круг зооветеринарных, организационно – экономических и др. мероприятий, с учётом достижений научно – технического прогресса. При этом особое внимание следует уделять интенсивным основам воспроизводства, выращивания молодняка и т.д. Кроме этого интенсификация животноводства и птицеводства вызывает необходимость совершенствования, а в отдельных случаях пересмотра многих традиционно сложившихся методов разведения сельскохозяйственных животных и птицы, оценки их племенной ценности.

Особенности развития современного животноводства определили новые задачи перед зоотехнической наукой. Возникла необходимость овладения законами наследования продуктивных качеств, создания достаточно высокопродуктивных и скороспелых групп животных для племенных и товарных хозяйств (комплексов).

Теоретическую основу животноводства составляет зоотехния – наука о производстве продуктов данной отрасли путём разведения, выращивания и рационального использования животных.

Совершенствование продуктивных и племенных качеств, выведение новых пород, линий и гибридов в животноводстве и птицеводстве в основном определяется соответствующими методами разведения и селекционной работой. Для успешного проведения этих мероприятий производство располагает значительным генофондом животных и птицы, как отечественного, так и зарубежного происхождения.

Основой содержания курса «Разведение сельскохозяйственных животных» является изучение приёмов и методов совершенствования продуктивных и племенных качеств животных и птицы. Это принципы отбора и подбора особей, вопросы индивидуального развития животных, формирования и выведения пород, оценки племенных (генотипа) качеств животных, использования методов разведения (чистопородное, межпородное, породно-линейная и отдалённая гибридизация) и т.д.

В последнее время многие методы разведения сельскохозяйственных животных и птицы получили экспериментальные доказательства и новые перспективы для развития. При этом генетика способствует осмыслить основные вопросы наследования продуктивных качеств, теоретически обосновать принципы подбора, сочетаемость генотипов при подборе, разобраться в сущности гомогенного и гетерогенного подбора с оценкой их эффективности и т.д.

Дальнейшее повышение эффективности животноводства в значительной мере будет определяться уровнем селекционно-генетических исследований в комплексе с оптимальными для данного вида и направления продуктивности животных условиями кормления и содержания. При этом в качестве основных

методов достаточно эффективного совершенствования наследственной информации потомства признаны в настоящее время проверенные практикой формы межпородного скрещивания, породно-линейной гибридизации и др., способствующие получению гетерозисного потомства.

Поскольку количественные признаки имеют полигенный характер наследования, то особую важность приобретают и методы оценки сочетаемости исходных генотипов, с учётом данных популяционно-статистического анализа.

Предполагаемое учебное пособие способствует систематизации теоретических разработок и результатов их использования в совершенствовании наследственных особенностей сельскохозяйственных животных и птицы.

ГЛАВА 1. ЭВОЛЮЦИЯ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

1.1. Дикие предки и сородичи домашних животных. Одомашнивание и приручение диких животных

Эволюция (лат. эволюцио – разворачивание) – необратимое и направленное историческое развитие живой природы. Эволюция сопровождается изменением генетического состава популяций, формированием адаптаций, образованием и вымиранием видов, преобразованием экосистем и т.д.

Основу эволюционного учения составляют идеи Ч. Дарвина – гениального английского ученого. Основные принципы учения Ч. Дарвина изложены в работе «Происхождение видов путем естественного отбора».

К.А.Тимирязев так охарактеризовал значение каждого фактора эволюционной теории: изменчивость, дающая материал; наследственность, его накапливающая и делающая его устойчивым; а главным образом «естественный отбор», то раковое устранение всего менее совершенного, менее согласного с требованиями жизни при данных условиях – вот основа этого учения, открывающая нам в природе реальную наличность сложного исторического процесса, неминуемо направляющего организм по пути совершенствования.

При этом установлено, что наследственность – передача от поколения к поколению тех генетических факторов, которые, взаимодействуя между собой и условиями среды, обеспечивают преемственность поколений и формирование индивидуальных особенностей организма данного вида, популяции (породы). Наследственность проявляется в консервативной тенденции сохранения относительного постоянства вида, сходство родителей и потомства последующих генераций.

Преемственность поколений осуществляется посредством наследственной информации (комбинации генов), передающейся с половыми клетками, которые генетически различаются в результате рекомбинации генов в мейозе. При их оплодотворении образуется генетическое разнообразие потомства от тех же родителей. Такое разнообразие особей популяции (породы) поддерживается рождением и потомков мужского и женского пола в соотношении примерно один к одному и случайным характером их спаривания в дикой среде. В результате создается изменчивость организмов, являющаяся движущей силой эволюции.

Изменчивость проявляется в различиях, которые наблюдаются между родителями и потомками, или между потомками тех же родителей при сравнении особей определенного пола и возраста, выращенных в сходных условиях среды.

Отбор естественный – процесс дифференцированного (неслучайного, избирательного) выживания и воспроизведения организмов в ходе эволюции. Будучи результатом борьбы за существование, естественный отбор обуславливает относительную целесообразность строения и функций организмов, выживание наиболее приспособленных особей и гибель наименее приспособленных. В ходе естественного отбора популяции постепенно приобретают разные признаки, что приводит к образованию новых видов. Естественный отбор осуществляется

в генетической структуре особей, на уровне популяций, видов. Естественный отбор как основной движущий фактор эволюции организмов служит фундаментальным положением дарвинизма.

Отбор искусственный – сознательный (методический) и бессознательный отбор особей с нужными человеку хозяйственными признаками для последующего разведения. Благодаря искусственному отбору созданы все современные породы домашних животных и птицы.

Борьба за существование – метафоричное понятие, включающее внутривидовые и межвидовые отношения, а также взаимоотношения организмов с абиотическими факторами. Результатом борьбы за существование служит гибель наименее приспособленных к данным условиям жизни особей и выживание наиболее приспособленных, т. е. естественный отбор и эволюция.

Одомашнивание – длительное (во многих поколениях) приручение диких животных и их разведение при формирующем влиянии искусственного отбора (сознательного или бессознательного) для получения полезной человеку продукции или эстетического удовольствия.

Все домашние животные произошли от диких предков, часть которых уже вымерла, а некоторые и в настоящее время существуют в различных местах нашей планеты.

Происхождением животных еще до Ч. Дарвина интересовалось много ученых (Паллас, Линней, Кювье, Сент-Илер, Юарт и др.), но только Дарвину удалось дать материалистическое объяснение происхождения органического мира и доказать его эволюцию. Крупные исследования по эволюции, высоко оцененные Дарвином, принадлежат русскому ученому В.О. Ковалевскому.

Ч. Дарвин в своих работах о происхождении видов и об изменениях животных и растений под влиянием одомашнивания широко использовал накопленные к середине XIX в. материалы по географии, истории, культуре, животноводству и прочим областям знаний. В обосновании теории отбора особенно помогли ему достижения заводчиков того времени в создании многих пород сельскохозяйственных животных, а также труды Г. Натузиуса и Л. Рютимейера.

Ч. Дарвин был первым ученым, заложившим научные основы изучения вопроса о происхождении домашних животных путем тщательного сравнения современных пород с более древними и со сходными с ними дикими формами (по окраске, телосложению, по строению внутренних органов и скелета, а также по поведению и повадкам).

В конце XIX – начале XX в. появляются работы русских исследователей А.Ф. Миддендорфа, Е.А. Богданова, А.А. Браунера, П.Н. Кулешова, М.Ф. Иванова, В.И. Громовой, С.Н. Боголюбского и др., посвященные изучению вопросов происхождения и одомашнивания животных.

Приручение диких животных и их одомашнивание относится к глубокой древности, когда еще не было письменности. Поэтому сведения о ходе, объеме и характере этого процесса основываются на источниках, добытых естественными и культурно-историческими науками с использованием сравнительно-анатомического, физиологического, археологического, этнографического и некоторых других методов.

Так, зоолог вопрос о происхождении домашних животных решает на основании сравнения современных их представителей с соответствующими дикими родичами и с ископаемыми останками домашних животных, которыми владел древний человек. Путем сопоставления отдельных костей ныне живущих домашних животных и сохранившихся останков ископаемых форм устанавливает наиболее близких диких родичей современных домашних животных. Особое внимание при сравнительно-анатомических исследованиях обращают на строение черепа, так как он чаще сохраняется в целом, малоизмененном виде, благодаря чему становится возможным улавливать отдельные детали, по которым различают черепа разных животных. Этот частный случай сравнительно-анатомического исследования получил название краниологического метода.

Значительную помощь при решении вопроса о происхождении отдельных видов домашних животных оказывает скрещивание (гибридологический метод) домашних животных с существующими дикими формами. Прибегают к нему для того, чтобы узнать, получается ли от такого скрещивания плодовитое потомство и можно ли, следовательно, считать этих животных близкими родичами.

Для изучения происхождения и эволюции сельскохозяйственных животных используются также археологический и этнографический методы. Материалы, добытые археологами, дали возможность установить, какие животные имелись в одомашненном состоянии у наших далеких предков, какой образ жизни вели эти предки и для каких целей они пользовались своими домашними животными.

Для решения вопроса об очагах первоначального приручения и одомашнивания диких животных используются материалы зоогеографии и экологии о географическом распространении и основных ареалах диких видов, родственных домашним животным. Там, где не было и нет диких родичей домашних животных, там и не могло быть их приручения и одомашнивания. Определение очагов одомашнивания затрудняется тем, что древние (времен одомашнивания) ареалы часто не совпадают с ареалами современными и что многие из диких родичей вымерли. В таких случаях решению задач помогают данные палеонтологии и археологии.

В таблице 1 приведены данные доместикации (одомашнивания) животных.

Таблица 1 – Основные центры (очаги) возникновения домашних животных

Вид	Дикий предок	Первичный центр одомашнивания	Время одомашнивания (тыс. лет назад)
Собака	Волк	Европа, Передняя Азия, Северная Азия (Сибирь), Восточная Азия	15–10
Овца	Азиатский муфлон	Передняя Азия	10–9
Коза	Безоаровый козел	Передняя Азия	10–9
Крупный рогатый скот	Тур	Малая Азия, Европа	8–6
Буйвол	Дикий буйвол	Южная Азия (Пакистан, Индия) Юго-Восточная Азия, Южный Китай	7,5–5 6–5
Свинья	Дикий кабан	Передняя Азия Европа Восточная Азия Юго-Восточная Азия Южная Азия (Индия)	9–8 8–6 7–6 6–5 5–4
Осел	Дикий осел	Передняя Азия, Северо-Восточная Африка	6–5
Лошадь	Тарпан	Евразийские степи	6–5
Кошка	Дикая кошка	Северная Африка (Египет), Ближний и Средний Восток	не менее 5
Кролик	Дикий кролик	Европа	3
Куры	Банкивские и красные куры	Южная и Юго-Восточная Азия	6–5
Цесарки	Дикая цесарка	Западная Африка	3
Индюк	Дикий индюк	Северная Мексика	2
Гусь	Серый гусь	Европа, Северо-Восточная Африка, Азия	5–4
Утка обыкновенная	Дикая утка	Европа, Азия (Китай)	4–3
Голубь	Дикий голубь	Европа, Передняя Азия, Южная Азия, Центральная и Восточная Азия (Китай)	3
Тутовый шелкопряд	Дикий тутовый шелкопряд	Азия (Южный Китай, Юго-Восточная Азия)	5,5–5
Пчелы	Дикие пчелы	Многие тропические и субтропические регионы	не менее 5

Одомашнивание диких животных, наравне с окультуриванием полезных человеку растений, имело огромное значение в развитии человеческого общества. Созданные человеком породы домашних животных и сорта культурных растений явились новыми важными средствами производства продуктов питания и сырья. К. Маркс указывал, что прирученные, следовательно, уже измененные посредством труда, выращенные человеком животные играли на первых ступенях человеческой истории главную роль как средство труда.

Основной характерной особенностью домашних животных, на которую впервые указал К. Маркс, является заложенный в них человеческий труд: «Животные и растения, которых обыкновенно считают продуктами природы, в действительности являются продуктами природы, в действительности являются продуктами труда не только прошлого года, но в своих современных формах и продуктами видоизменений, совершавшихся на протяжении многих поколений под контролем человека, при посредстве человеческого труда».

Следовательно, домашними надо считать выведенных человеком полезных ему животных, которые несут на себе печать человеческого труда, находятся в тесной зависимости от условий хозяйства и способны в этих условиях размножаться и подвергаться из поколения в поколение искусственному отбору и подбору.

Из группы домашних животных следует выделить несколько видов так называемых сельскохозяйственных животных, имеющих непосредственное отношение к производству. К их числу относятся: крупный рогатый скот, лошади, свиньи, овцы, козы, кролики, домашняя птица (гуси, утки, куры, индейки, цесарки) и некоторые другие.

Из большого числа видов диких животных человеку за все его многовековое существование удалось освоить и перевести в одомашненное состояние всего лишь несколько десятков (в настоящее время насчитывают до 60 видов домашних животных, включая и таких, как пчела, шелковичный червь, карп и др.).

1.2. Доместикационные изменения животных

Доместикация (лат. доместикум – домашний) – одомашнивание диких видов, ведущее к переменам в их поведении и изменению анатомо-физиологических, продуктивных и др. качеств.

Изменчивость всех организмов, как и наследственность, является основным их свойством. В процессе развития вида изменяются как дикие, так и домашние животные. Однако одомашнивание привело к таким резким изменениям, что животные стали мало похожи на своих диких предков.

Повышенная изменчивость домашних животных и те преобразования, которые претерпели они в процессе одомашнивания, объясняются изменением условий их жизни, а также целесообразной деятельностью человека. В условиях домашнего хозяйства животные стали меньше двигаться, иным стало их питание, содержание и т.д. Определенные изменения, естественно, произошли и в обмене веществ. Вследствие всего этого трансформировалась несколько деятельность центральной нервной системы, расшатывалась наследственность (в результате накопления многочисленных наследственных изменений), появи-

лись заметные отклонения в развитии, а, следовательно, повышалась в различных направлениях изменчивость и лабильность одомашниваемых животных.

В заключении появился и совершенно новый действенный фактор эволюции домашних животных, которого не было в условиях существования их диких предков, – искусственный отбор. Ко всему процессу изменчивости и созданию человеком многообразных пород домашних животных, ко всей их эволюции до некоторой степени применим отмеченный еще Ф. Энгельсом закон: ускорение пропорционально квадрату времени, т.е. чем дальше идет процесс в своем развитии, тем быстрее он совершается.

Действие на организм условий среды со всеми ее разнообразными элементами настолько сложно и многообразно, что трудно выяснить и учесть влияние каждого из них. Так как среда – это не механическая сумма составляющих ее факторов, а некоторое качественное их единство, то и изменения, происходящие в организме под влиянием новых условий жизни, являются результатом воздействия не одного какого-либо ее элемента, а целого их комплекса.

С самых ранних стадий развития и на протяжении всей жизни животный организм находится в известных, исторически сложившихся взаимоотношениях со средой. Более того, само развитие организма (его онтогенез), так же как и вся эволюция вида (филогенез), есть непрерывный процесс взаимосвязи организма со средой. Среда, в самом широком смысле слова, является причиной многообразных изменений в организме. Она прямо или косвенно создает огромное разнообразие живых форм, подвергающихся естественному или искусственному отбору. В процессе приспособления к различным экологическим и хозяйственно-историческим условиям и под действием творческой деятельности человека домашние животные приобрели те морфологические и физиологические особенности, какие мы у них наблюдаем.

Путем длительного, вначале бессознательного, а со временем более планомерного, направленного к определенной цели методического отбора и подбора одомашниваемые животные претерпели те изменения, которые резко отличают их от диких предков. Измененные условия существования и сознательное сочетание при спаривании животных с различными признаками во много раз увеличивают изменчивость и изменяют ее характер.

Приспособление животных к условиям домашнего существования шло в двух направлениях: 1) приспособление к естественной среде. Например, образование курдюка и жирного хвоста у овец, горба у верблюдов увеличило приспособленность этих животных к длительным переходам по безводным полупустыням и пустыням; 2) приспособление к среде, создаваемой человеком, и к тем требованиям, которые человек предъявлял к одомашниваемым животным. Например, приспособление их пищеварительных органов к перевариванию рационов, богатых концентратами, приспособление одомашниваемых животных к стойловому содержанию, к напряженной функции молочных желез у молочного скота, к работе в упряжи, под седлом у рабочих животных.

Доместикационные изменения у животных, принадлежащих к разным видам, выражены неодинаково и обусловлены, с одной стороны, их видовыми особенностями и условиями существования (одомашниваемые животные не всех

видов одинаково реагировали на одно и то же внешнее воздействие), а с другой – преимущественно развитием общественного способа производства и теми целями, которые преследовал человек при разведении тех или иных животных.

К наиболее существенным изменениям, происшедшим в связи с одомашниванием, следует отнести следующие.

Величина и формы тела. В зависимости от условий существования (кормления, содержания и т.д.) и направления искусственного отбора, осуществляемого человеком, животные изменились как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения их тела по сравнению с исходными дикими формами.

Существенно менялись и формы (пропорции) тела у домашних животных. Отмечается, например, значительная коротконогость собак многих пород, крупного рогатого скота (порода декстер-керри в Англии), овец (у Ч. Дарвина есть упоминание о возникновении в Америке коротконогих анконских овец), свиней (домашние свиньи большинства пород более коротконоги, чем свиньи дикие), и т.д. Существенно отличаются по пропорциям тела животные дикие от домашних, а из последних мясные от молочных (по широкотелости, развитию мускулатуры и т.д.).

Масть и волосяной покров также претерпели существенные изменения. Дикие животные имеют защитную масть с характерным кольцевым распределением окраски по длине волоса.

Домашним животным часто свойственна изменения, самая разнообразная окраска (одного тона, пегая в различной степени вплоть до полного альбинизма – отсутствие всякой пигментации).

Окраска волосяного покрова связана в некоторой степени с жизнеспособностью животных (слабо пигментированные и особенно полные альбиносы менее жизнеспособны), а во многих случаях имеет и большое хозяйственное значение, особенно в шерстном овцеводстве, каракулеводстве, кролиководстве и пушном звероводстве.

Еще большее хозяйственное значение имеют изменения характера шерстного покрова. В отличие от диких животных, которые имеют довольно однообразный шерстный покров (из грубого волоса, ости и пуха), у домашних он стал чрезвычайно разнообразным. Среди домашних встречаются животные короткошерстные, очень длинношерстные и с шерстью средней длины (например, овцы), с шерстью неоднородной (содержащей в разных количественных соотношениях ость и пух) и однородной (так, шерстный покров тонкорунных овец состоит только из тонкого волоса – пуха), животные то с гладким волосяным покровом, то курчавые и т.д. Длинная шерсть у домашних животных часто бывает тонкой, шелковистой (как у ангорских коз, кроликов и некоторых других животных).

Большие изменения в процессе одомашнивания произошли в кожном покрове животных и в развитии у них таких органов, как уши и хвост.

Изменения кожи касаются главным образом развития подкожной клетчатки и её складчатости. У домашних животных многих пород сильно развит подкожный жировой слой (особенно у свиней сального типа, крупного рогатого скота и овец мясных пород и др.); у других же этот слой, наоборот, сведен до

минимума (спортивные лошади верхового типа). У домашних животных некоторых пород кожа собрана в многочисленные складки (у мериносовых овец, кроликов, собак некоторых пород и т.д.).

Длинные и свислые уши встречаются у собак, кроликов, коз, овец, свиней, зебу, значительно реже у лошадей, ослов и крупного рогатого скота.

Длинные и свислые уши часто встречаются у животных жарких стран как приспособительное изменение, облегчающее терморегуляцию.

Значительные вариации наблюдаются у домашних животных, и в развитии хвоста. Полностью или почти полностью отсутствует хвост у овец некоторых пород (курдючные), собак, реже у крупного рогатого скота. Значительное удлинение хвоста и увеличение числа хвостовых позвонков наблюдается у длиннохвостых тощехвостых и жирнохвостых овец и некоторых других животных.

Значительные изменения претерпели и такие относительно постоянные части организма, как скелет и особенно череп. Чаще наблюдаемым изменением головы животных в домашнем состоянии является укорочение лицевой части морды, связанное с изменением черепа.

Очень большая изменчивость формы черепа наблюдается у собак, у которых можно встретить все переходные формы черепов – от длинновытянутых (у борзой) до сильноукороченных с изломом в лобно-носовой части (у бульдога). Укорочение морды наблюдается у коз, одногорбых верблюдов. У домашних кроликов череп, наоборот, становится более удлиненным.

Резкие колебания наблюдаются в развитии рогов как по величине (от большерогих форм степного скота до короткорогих), так и по их числу (многорогости) до полного их отсутствия (комолости).

У овец таких диких видов, как аргали, рогаты и самцы и самки, а у муфлонов – только самцы. При этом рога у самок менее развиты и проще устроены (не закручены). У овец некоторых пород и самцы и самки безроги.

Рога у домашних животных перестали играть защитную роль; вследствие этого животные со всевозможными отклонениями от нормы (по величине, форме, направлению рогов) не устранялись естественным отбором. Поэтому среди домашних животных и наблюдается такое разнообразие по величине, форме, направлению и числу рогов.

Для скелета домашних животных характерно меньшее развитие резко выраженных бугров на костях, в местах прикрепления мышц – неровностей (вследствие ослабления мускулатуры). Скелет домашних животных стал относительно более легким; среди всех его отделов тяжелее оказался позвоночник, а более легким череп и кости конечностей.

Изменились число и форма позвонков. У диких свиней 13–14 грудных позвонков, а у домашних – 14–16. Ребра диких свиней более гладкие, тонкие, узкие. Довольно сильно изменяется количество хвостовых позвонков, их форма и соединение (различные формы хвоста), особенно у овец и собак. У диких баранов 10–12 хвостовых позвонков, у домашних – до 23, а у коз – до 17–18.

В связи с изменившимися условиями существования одомашненных животных изменению подвергались и их внутренние органы – пищеварения, дыхания, кровообращения и другие. Так, длина кишечника у домашних

свиней по сравнению с дикими увеличилась, а у домашнего крупного рогатого скота и у кроликов уменьшилась (особенно у скороспелых мясных пород, потребляющих меньше объемистых кормов и больше концентрированных); у овец примитивных пород он стал более длинным, а у современных мясных значительно укоротился.

По данным С.Н. Боголюбского, относительный вес сердца у домашних овец почти в 2 раза меньше, чем у диких (муфлонов и архаров). Менее развитыми у многих домашних животных по сравнению с дикими оказываются легкие, почки и некоторые другие органы: наоборот, лучшего развития и более интенсивного функционирования достигают у домашних животных, например, органы молокообразования, размножения.

Вымя у самок домашних животных, разводимых для получения молока, в период лактации достигает больших размеров. При сравнении гистологического строения молочной железы животных диких или домашних примитивных пород и высокомолочных заводских пород оказалось, что у первых значительно менее развита железистая ткань и очень хорошо соединительная и отчасти мускульная, а у вторых, наоборот, сильно развитой, особенно, в период лактации, оказывается железистая ткань.

Резкие изменения у домашних животных претерпела половая система. Половые циклы, течка, охота, овуляция, время случек и появление приплода у большинства домашних животных сильно изменились. У диких животных рождение детенышей строго связано с определенным сезоном, тогда как многие домашние могут давать потомство в любое время года, хотя у лошадей и овец ряда пород известная сезонность все же наблюдается, а у верблюдов, оленей и некоторых других животных она выражена довольно ясно.

У большинства домашних животных заметно повысилась плодовитость. В то время как дикая свинья дает в течение года один помёт в среднем из 4–6 поросят, от домашней за два опороса в год получают 20–40 поросят. Дикий кролик кролится 4 раза в год, домашний – от 7 до 10 раз. Дикая курица несет в год ничтожное количество яиц (до 10–15 штук), тогда как от несушек-рекордисток современных пород получают по 350–360 яиц в год. Нередки случаи многоплодия у однородящих животных, например до 8 ягнят от овцы, до 4–6 телят от коровы. Увеличение плодовитости у домашних животных облегчило отбор (большая возможность выбора лучших животных из многочисленного потомства).

Под влиянием одомашнивания резко изменилась продуктивность животных, как в количественном, так и в качественном отношении. Так, откормочные качества домашних животных (особенно специализированных мясных пород) улучшились в результате усиленного развития наиболее ценных частей тела, а также в результате повышения скороспелости животных, изменения гистологической структуры мышц и распределения жира в их теле, улучшения химического состава мяса и его вкусовых качеств. Обособленные жировые отложения характерны, например, для животных, имеющих горб (зебу, верблюды), а также для овец некоторых пород (жирнохвостые и курдючные).

Еще больших успехов достигли животноводы в увеличении молочной продуктивности и улучшении качества молока, получаемого от крупного рога-

того скота, овец, коз, молочных пород, от буйволиц и т.д. Если молока у дикого скота хватало лишь для развития потомства в первые месяцы его послеутробной жизни, то от коров примитивных пород надаивают за лактацию по 1000–1200 кг, а заводских пород – до 10000 кг; от рекордисток же получают по 15000–18000 кг и более. При этом молочная продуктивность возрастала в результате повышения суточных удоев и удлинения лактационного периода.

Существенно повысилась шерстная продуктивность овец: грубой шерсти от первых одомашненных овец получали 1,5–2,5 кг; от тонкорунных овец современных пород настригают по 5–6 кг высококачественной однородной (без ости) шерсти, а от отдельных выдающихся баранов – 30 кг и более.

Повышены продуктивные качества одомашненных животных и других видов.

Одомашнивание повлияло на нервную систему животных и их поведение. Через нервную систему и при ее посредстве происходило преобразование самих животных, их приспособление к изменявшимся условиям домашнего существования.

Главную роль в осуществлении взаимосвязи организма с условиями внешней среды играет головной мозг, особенно кора больших его полушарий. И.П. Павлов показал, что кора головного мозга отражает перемены, происходящие в окружающей среде, влияет на деятельность внутренних органов, изменяя нормальный ход их функционирования, т.е. изменяя обмен веществ.

В процессе одомашнивания многие условные рефлексы у животных угасали и заменялись новыми; создавались определенные реакции организма на изменившиеся условия внешней среды, новые нормы поведения животных и т.д. В соответствии с этим вырабатывались и устойчивые приспособленные реакции животных, утрачивался характер диких предков; поведение домашних животных и их темперамент стали более спокойными. Вместе с тем в пределах того или иного вида эти изменения выражены неодинаково: у животных современных заводских пород, в большей степени, у представителей пород примитивных – в меньшей. У животных же заводских пород, принадлежащих к разным видам, подобные изменения также не тождественны: например, у домашних собак и лошадей нервная деятельность («умственные» способности) стала более высокой, что связано с характером использования их и требованиями человека.

ГЛАВА 2. УЧЕНИЕ О ПОРОДЕ

2.1. Понятие о породе. Структура породы и факторы породообразования

В творческой деятельности по разведению и совершенствованию домашних животных человек имеет дело не с изолированными друг от друга особями, а с некоторыми целостными упорядоченными группами их – породами. Согласно современной систематике, в зоологии основной систематической (таксономической) единицей является вид, который подразделяется на более мелкие единицы – разновидности, экобиотипы и т.д. Основной её единицей при классификации сельскохозяйственных животных является порода.

Порода – созданная с помощью искусственного отбора группа животных одного вида, отличающаяся генетически устойчивыми морфологическими, физиологическими и хозяйственно-полезными (продуктивными) признаками и требованиями к условиям разведения, которые передаются по наследству и поддерживаются племенной работой.

Понятие «порода» начало складываться еще в средние века, когда человек для улучшения одних групп животных другими стал сознательно пользоваться скрещиванием и когда выработывался метод чистопородного разведения. Значительное уточнение этого понятия произошло в период создания и разведения чистокровной верховой породы лошадей в Англии (XVIII в.).

Наследственность – важный признак; который присущ всем организмам. Особь или группа особей с определенными наследственными чертами – это лишь материал для создания породы. Для породного животного, для его племенной ценности характерна не просто наследственность, а наследственность, упорядоченная племенной работой; важен не только прошлый заложенный в породе человеческий труд, но и постоянное (планомерное) воздействие на нее человека.

Порода – понятие историко-зоотехническое, а не чисто биологическое. Ее следует понимать как сложную систему, созданную и поддерживаемую планомерной деятельностью человека в определенных хозяйственных и природных условиях. Деятельность человека направлена при этом не только на поддержание породы на достигнутом уровне, но и на дальнейшее ее улучшение. С изменением социально-экономических условий и целей, ради которых получена порода, с изменением техники разведения меняется и сама порода, но все под тем же воздействием человеческого труда – отбора, подбора и приемов выращивания молодняка.

Породы сельскохозяйственных животных имеют свою структуру, основными единицами которых являются: отродье, внутripородный тип, линия, семейство.

Отродье – часть породы, хорошо приспособленная к тем или иным зональным условиям разведения. Отродье возникает в результате экологического расчленения породы. Так, в симментальской породе образовалось воронежское отродье, в Башкирии – башкирское отродье бестужевского скота и т.д.

Породная группа – это достаточно большая группа животных, участвующая в процессе породообразования, но еще не имеющая устойчивых признаков продуктивности.

Внутрипородный (зональный) тип – группа животных, часть породы, имеющая, кроме общих для данной группы свойств, и некоторые специфические особенности в направлении продуктивности, характере телосложения и конституции, отличающаяся лучшей приспособленностью к условиям зоны разведения. Так, в бестужевской породе крупного рогатого скота выделяют два основных типа: мясной и мясо-молочный. Животные первого из них характеризуются широкотелостью, большой живой массой, хорошим развитием мясных форм, повышенной скороспелостью. Особи второго типа отличаются более высокой молочной продуктивностью.

Линия – это качественно своеобразная группа животных в пределах породы, происходящая от выделяющегося производителя (родоначальника) и вследствие направленной селекции поддерживающая с ним сходство по важнейшим хозяйственно-полезным признакам. Число линий в породе может варьировать в зависимости от поголовья породы, ее географического распространения, методов племенной работы. В заводских породах обычно бывает не менее 15–20 линий.

Семейство – это группа, состоящая из нескольких поколений женского потомства лучших по племенным и продуктивным качествам маток-родоначальниц.

В породе выделяются племенная и неплеменная (пользовательная) части. Племенная часть представлена наиболее ценным чистопородным поголовьем. Использование наследственных качеств этих животных позволяют совершенствовать племенную часть породы. Н.Г. Дмитриев при изучении пород крупного рогатого скота сделал расчет необходимости численности маточного поголовья в племенном хозяйстве. Он считает, что необходимый минимум коров в племенных хозяйствах должен составлять 12–13% от общего их поголовья в породе.

На процесс преобразования весомое влияние оказывают социально-экономические факторы. Процесс пороодообразования начал бурно развиваться в XVIII–XIX вв. В связи с увеличением спроса на продукты животноводства и сырье для текстильной и кожевенной промышленности возросли доходы от животноводства. Важное значение для выведения новых пород имели укрупнение хозяйств, концентрация капитала в сельском хозяйстве, применение достижений зоотехнической науки.

У заводчиков в таких условиях появился большой стимул для совершенствования продуктивных качеств животных, создания более ценных, экономически выгодных пород. Возникла потребность в племенном скоте, особенно в ценных производителях. В Англии в этот период были созданы десятки высокопродуктивных пород мясного скота (шортгорнская, герефордская), овец (лейстерская), свиней (крупная белая). В Германии была выведена замечательная порода молочного скота остфризская, в Голландии – голландская, в Дании и Германии – ценные породы свиней, в Швейцарии – симментальская и швицкая молочно-мясные породы. На основе социального заказа вырабатывались требования к типу и направлению продуктивности той или иной породы.

Интенсификация животноводства обостряет межпородную конкуренцию, ускоряет процесс замены животных одних пород другими, более продуктивными. Выживают только те породы, которые экономически выгодны и продук-

тивны. Срок существования пород различен.

Кроме социально-экономических факторов, на образование пород оказывает большое влияние и природно-географические условия. Особенности почв, рельеф местности и климата в значительной степени отражаются на формировании признаков и свойств породы. Так, горный климат и рельеф Швейцарии, безусловно, способствовали формированию симментальского скота с глубокой и широкой грудью, крепким костяком. Для него характерна прямая постановка задних конечностей (слоновость). Голландская порода образовалась в равнинных условиях. Животные этой породы имеют тонкий костяк, тонкую кожу, ровную линию верха, хорошо развитые мышцы. В районах жаркого климата, где бичом скотоводства является пироплазмоз, наиболее пригоден для разведения зебувидный скот. Зону высоких альпийских лугов целесообразно использовать для разведения овец типа горный меринос или архаромеринос.

Важную роль в формировании хозяйственно-полезных признаков животных (лошади, собаки и др.) сыграл тренинг – продуманная система упражнений органов и тканей организма. Трудно себе представить создание английской скаковой или орловской рысистой породы лошадей без тренировки животных с раннего возраста на скорость бега и выносливость.

С новым направлением породообразования в перспективе связано создание специализированных пород животных, приспособленных для прогрессивной технологии. При этом для совершенствования генотипа таких пород предусматривается использование лучших отечественных и мировых генетических ресурсов. В преобразовании молочного скота широко используется голштинская порода.

В области свиноводства породообразование направлено на выведение специализированных мясных (беконных) типов с устойчивым генотипом. В овцеводстве работа связана с получением новых специализированных тонкорунных и полутонкорунных пород для разведения в разных зонах страны. Этим направлением работ занимаются коллективы многих научно-исследовательских заведений, селекционных центров.

В то же время в западных странах работы по выведению пород животных существенно сокращены. Хотя появилось новое направление в породообразовании – создание так называемых синтетических популяций большой численностью (до 20) исходных генотипов. Так, при создании норвежской популяции молочного скота (величина удоя в пределах 6000 кг молока за лактацию жирностью около 4,0%) использовались животные голштинской породы (селекции США и Канады), британских фризлов, шведской черно-пестрой породы, айширский скот Финляндии, норвежский низменный и норвежский комолый, красный трондетский скот, черно-пестрый комолый и др.

Животноводы США при выведении гибридных мясных пород в экстремальных условиях использовали генотип зебувидного скота. В результате получены достаточно продуктивные гибридные породы животных (санта-гертруда, бифмастер, брокфорд).

В целом для данного этапа породообразования характерно интенсивное использование исходных высокопродуктивных пород животных, обладающих устойчивым генотипом.

2.2. Классификация пород сельскохозяйственных животных и птицы. Акклиматизация пород. Сохранение генофонда пород животных

Наибольшее распространение получила классификация пород сельскохозяйственных животных по количеству труда, затраченного на их выведение, по направлению продуктивности и по месту происхождения (географический принцип). По количеству и качеству труда, затраченного на образование пород, их делят на три группы: аборигенные, заводские и переходные.

Аборигенные породы формировались стихийно, главным образом, под влиянием естественного отбора. Эти породы хорошо приспособлены к определенным климатическим условиям. Животные аборигенных пород характеризуются универсальной продуктивностью, крепостью телосложения, а также меньшей изменчивостью хозяйственно-полезных признаков. К аборигенным относятся многие породы древнего происхождения, например, местный скот бывших кочевников юго-восточных степей – калмыков, казахов, киргизов, якутский скот и др.

Заводские, или культурные породы являются продуктом человеческого труда. Под влиянием длительного направленного отбора и подбора у животных создавалась определенная структура, повышенная наследуемость важнейших признаков. Заводские породы обладают высокой продуктивностью и скороспелостью, поэтому служат улучшателями менее продуктивных пород. Для заводских пород характерна высокая изменчивость продуктивности. Размах изменчивости, например, по молочности составляет от 1500 до 30000 кг, у аборигенных пород – от 600 до 1000 кг за лактацию. От овец аборигенных пород получают по 1–2 кг шерсти, от культурных – от 5–6 до 35 кг.

Переходные породы занимают промежуточное положение между заводскими и аборигенными. В их образовании значительную роль играл искусственный отбор, а также улучшение условий кормления и содержания животных. Одна из характерных особенностей переходных пород – неоднородность их структуры. В то время как одна часть породы подвергается улучшению, другая ее часть, находясь в экстенсивных условиях, остается низкопродуктивной. К переходным породам можно отнести кабардинскую, финскую лошадь и др.

Деление пород сельскохозяйственных животных на аборигенные, заводские и переходные носит условный характер, так как они улучшаются.

В современной зоотехнии породы сельскохозяйственных животных разделяются по характеру продуктивности на специализированные и комбинированные. Например, породы крупного рогатого скота делят на молочные, мясные, молочно-мясные и мясо-молочные; породы овец – на шерстные, мясо-шерстные, смушковые и др.; породы свиней – на мясные, сальные, мясо-сальные; породы кроликов – на меховые (шкурковые) и пуховые; породы птицы – на яичные, мясные, яично-мясные.

Породы сельскохозяйственных животных классифицируют и по месту их происхождения (по географическому принципу). В Восточноевропейском центре сформировался скот славянских племен (лесной скот), от которого произошли животные холмогорской и ярославской породы. В Западноевропейском центре образовался скот племен фриз и батавов, от которого в последствии произошла голландская порода. Крупный рогатый скот делят на горный (симментальская и кавказская породы), низменный (черно-пестрые породы), приморский (голландская порода), островной (джерсей и гернсей), континентальный (холмогорская и бестужевская породы). Породы лошадей подразделяют на восточные (арабская, ахалтекинская), западные (английская чистокровная, арденны).

Существуют, кроме того, классификации пород по происхождению (голландская порода и черно-пестрый скот происходят от общего корня – голландской породы; бурые породы – лебединская, алатауская, **кавказская** – получены в результате скрещивания местного скота со швицами), по морфологическим признакам (по масти – красные, красно-пестрые и черно-пестрые породы крупного рогатого скота), по краниологическим особенностям по форме и величине хвоста (длиннохвостые, короткохвостые, жирнохвостые и курдючные породы овец), по характеру шерстного покрова (тонкорунные, грубошерстные породы овец).

Породы сельскохозяйственных животных разного направления продуктивности, как правило, создавались для определенных климатических и экономических зон страны. Это обусловило специализацию пород и их ареала. Поэтому планомерное размещение пород с учетом их биологических особенностей по определенным зонам (породное районирование) – одно из важных условий совершенствования их продуктивных качеств.

Районирование пород проводится с учетом следующих принципов:

- животные плановой породы должны быть хорошо приспособлены к разведению в данной зоне;
- животные плановой породы должны обеспечивать получение максимального количества продукции с оптимальными затратами средств;
- возможность организации племенной базы при дальнейшем разведении животных.

Существующие породы кур по направлению продуктивности подразделяются на яичные, мясные, мясо-яичные, декоративные и бойцовые. Гусей и индеек по направлению продуктивности не классифицируют, так как эта птица разводится для получения мяса. Породы уток по продуктивности подразделяют на мясные и яичные. Но численность пород второй группы весьма ограничена.

Цесарок и перепелов относят к мясо-яичному типу, так как разводят их с целью получения мяса и яиц.

Порода должна иметь в своем составе такое количество птицы, которое дает возможность разводить ее «в себе» без применения родственного подбора

или скрещивания с птицей других пород. Минимальная численность новых пород кур – не менее 40 тысяч, птицы других видов – 15 тысяч голов. В породе должно быть не менее 6 заводских линий, а в каждой линии по 100 семейств.

Научно-технический прогресс оказывает определенное значение на эффективность селекционно-племенной работы по совершенствованию продуктивных качеств существующих пород и выведению новых специализированных пород животных и птицы.

Птицеводство в настоящее время располагает племенной птицей достаточно продуктивных мясных пород и кроссов, которые позволяют получать более 40 г прироста живой массы в день при затратах 2,0-2,2 кг корма на 1 кг прироста.

Мясные кроссы представлены в основном такими как, «Смена-2», «Смена-4», «СК Русь-2», «Конкурент», «Барос», «Гибро», «Росс» и др.

В мясном птицеводстве племенная работа направлена на получение 240 кг мяса бройлеров от родительской пары за период использования, что обеспечивается комплексной селекцией на увеличение выхода инкубационных яиц, их выводимости и получением качественного молодняка с приростом живой массы в 6-ти недельном возрасте 1,75-1,8 кг.

В яичном птицеводстве племенная работа направлена на получение более 300 яиц от несушки при конверсии корма 1,2-1,3 кг на 10 яиц. Яичное птицеводство представлено в основном кроссами «Родонит», «Хайсекс белый» и «Хайсекс коричневый», «Ломан белый» и «Ломан коричневый», «ИСА белый» и «ИСА коричневый».

Для производства пищевых яиц с белой скорлупой разводят кур породы белый леггорн и кроссов, созданных на базе данной породы. Для получения яиц с коричневой (окрашенной) скорлупой используются мясо-яичные породы (нюгемпшир, суссекс, плимутрок и др.). При этом считается, что экономически более выгодны несушки, дающие яйца с коричневой скорлупой. Так, от каждой такой курицы ведущих кроссов получают в среднем по 19,6 кг общей яичной массы (яйценоскость 302 яйца при средней массе его в 65 г), тогда как от несушек ведущих белых кроссов – по 18,9 кг (яйценоскость 305 яиц, средняя масса яйца 62 г).

Достоинства коричневых кур – спокойный нрав, устойчивость к стрессам. Наличие аутосексности позволяет сортировать цыплят по полу в суточном возрасте по окраске оперения (точность до 98% и более).

Акклиматизация – приспособление животных кокой-то породы (популяции) к новым условиям существования, в которые они попадают в следствии искусственного размещения. Этот процесс достаточно сложный, связанный с глубокими физиологическими изменениями организмов нескольких поколений. Приспособительные сдвиги, возникающие у животных многих генераций, называются адаптацией. Акклиматизироваться – значить, нормально размножаться и обеспечивать соответствующую продуктивность в данных условиях.

Различают адаптацию генотипическую (наследственную) и фенотипическую (приобретенную организмом). Фенотипические изменения могут возникать в результате того, что в новых условиях среды изменяется норма реакции генов организма на внешние факторы.

Фенотипические изменения могут быть обусловлены как изменениями норм реакции генов, так и нарушением равновесия отдельных генотипов породы. При этом происходит нарушение первоначального равновесия генной основы популяции, так как каждая особь имеет свой генотип, определяющий продуктивные качества породы в целом.

Продолжительность периода акклиматизации зависит от ряда факторов, в том числе от тех различий внешних условий, которых получена данная порода и в которых животное находится после завоза, от направленности селекционной работы и т.д. Чем значительнее эти различия, тем более длительная акклиматизация животных. При этом взрослые особи акклиматизируются медленнее, чем молодые. Животные южных широт лучше акклиматизируются в районах холодного климата, чем сверстники северных регионов на юге. Помесные (гибридные) животные акклиматизируются легче, чем чистопородные. Процесс акклиматизации заметно облегчается, если животные обеспечены оптимальными условиями кормления и содержания.

Акклиматизационную способность животных и птицы к новым условиям среды оценивают по показателям продуктивности, воспроизводительной функции, состоянию здоровья и обмена веществ в организме с учетом генетической структуры популяции. И если не учитывать данную способность скота, его биологические особенности, то это может способствовать перерождению (снижение продуктивности, нарушение телосложения и др.) или вырождению, которое, кроме того сопровождается снижением показателей репродуктивной функции самцов и самок.

Генофонд – совокупность генов (аллелей) группы животных или птицы с проявившимися и потенциальными наследственными задатками, т.е. количественный и качественный состав генов породы. Генофонд породы не является только лишь суммой генотипически идентичных особей. Он достаточно лабилен и отражает все варьирующие признаки и свойства популяции вследствие мутации, рекомбинации, интенсивности селекционной работы и т.д.

Генофонд сельскохозяйственных животных дифференцирован (типы, линии, отродья и др.), что имеет определенную практическую значимость. Генофонд птицы представлен такими группами, как генофонд птицы промышленного значения, генофонд пород и линий находящийся в резерве (ранее имевший промышленное значение) и генофонд породных групп, не имеющий данного значения (птица приусадебных хозяйств).

В то же время интенсификация животноводства связана с межпородной

конкуренцией, в результате которой многие местные породы находятся на грани исчезновения. Так, известно, что в РФ из 19 аборигенных пород крупного рогатого скота большинство доведено до критического предела. При этом по данным НИИРГЖа поголовье якутского, юринского, хевсурского скота резко сократилось до сотни голов. В особо охранных мерах нуждаются не только аборигенные породы, но и некоторые заводские породы (ярославская, холмогорская, красная горбатовская и т.д.), не утратившие пока еще своей племенной ценности. Исчезновение животных таких и других пород будет способствовать обеднению отечественного генофонда из-за утери комплекса генов, обуславливающих резистентность организма к многим заболеваниям, приспособленность к достаточно экстремальным условиям существования. В связи с этим учеными многих НИИ, специалистами Росплемобъединения разработана Федеральная Программа сохранения и использования генофонда малочисленных пород животных и птицы, рыб, пушных зверей, пчел. Для выполнения этой задачи предусматривается создание специальных генофондных хозяйств, ферм и коллекционеров.

Не менее важным методом сохранения генофонда исчезающих пород является организация генофондных хранилищ для сохранения глубоководнозамороженных гамет, зигот, эмбрионов. Сотрудниками ВНИИРГЖ организован генофонд 30 редких и исчезающих пород кур, специалистами ВНИИ племенного дела в генофондный банк заложено около 2000 эмбрионов отечественных пород крупного рогатого скота и разработана автоматизированная система управления данной программой.

Большая работа по реализации мероприятий сохранения генофонда сельскохозяйственных животных и птицы проведена коллективами ученых (Н.Г. Дмитриев, Л.К. Эрнст, В.И. Фисинин и др.).

ГЛАВА 3. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ЖИВОТНЫХ

3.1. Рост и развитие, типы ростовых процессов

Онтогенез – индивидуальное развитие животных и растений (происхождение, развитие, т.е. процесс индивидуального развития организма).

Филогенез – история развития (эволюция мира животных и растений).

Понятия онтогенеза и филогенеза в биологическую науку ввел в 19 веке немецкий зоолог Геккель, который на основе идей Дарвина и исследований Мюллера открыл биогенетический закон: онтогенез есть краткое и быстрое повторение филогенеза. Геккель утверждал, что филогенез – единственная причина онтогенетического развития. Но признание одностороннего влияния филогенеза на онтогенез – ошибочная точка зрения. Онтогенез не только результат филогенеза, но и его основа. Закон Геккеля существенно дополнил А. Северцев, создавший теорию филэмбриогенеза, согласно которой повторение в онтогенезе филогенетических черт может быть неполным, с определенными искажениями, связанными с дальнейшими эволюционными преобразованиями. В частности в потомстве могут повторяться особенности соответствующих фаз развития предковых форм.

Естественно, что онтогенез и филогенез взаимосвязаны, так как филогенез не что иное, как исторический ряд, цепь сменяющихся онтогенезов. В основе филогенетического развития животных лежат изменения их онтогенезов. Такое единство, взаимосвязь онтогенеза и филогенеза составляют основу эволюции живой природы.

В животном мире в зависимости от биологии размножения выделяется несколько типов онтогенеза. Наиболее полно изучены следующие типы индивидуального развития:

- личиночный (развитие с метаморфозом или не прямое);
- неличиночный (прямое развитие, когда детеныш развивается в яйце);
- внутриутробный (развитие детеныша происходит в материнском организме, который наиболее совершенный у плацентарных млекопитающих).

Онтогенез протекает при взаимодействии наследственной основы (генотипа), полученной от родителей через половые клетки с условиями внешней среды (кормление, условия содержания, эксплуатации животных).

В зиготе заложены все возможности для формирования в определенных условиях среды целостного организма со свойствами, характерными для данного вида, породы и т.д. Зигота обладает способностью повторить в общих чертах путь развития родителей и более далеких предков. Но это повторение не бывает однозначным, так как гаметы никогда полностью нетождественны, а факторы среды всегда чем-то различаются. К тому же зигота не реализует полностью наследственные задатки: развиваются те, для которых существуют определенные условия.

В основе онтогенеза лежат внутренние противоположности, такие как наследственность и изменчивость, ассимиляция и диссимиляция, возбуждение и торможение и др.

Онтогенез основан на взаимодействии основных процессов организм – роста и развития.

Рост – повышение живой массы организма, его органов (частей), происходящее вследствие увеличения числа, размеров клеток и неклеточных образований.

Рост сопровождается не только увеличением живой массы, но и изменением пропорций телосложения. Основу роста животных составляют процессы деления клеток, увеличения их массы и объема, увеличения межклеточных образований.

В то же время увеличение массы при накоплении резервных жировых веществ или воды в организме животного не характеризует процессы роста. Рост молодняка происходит вследствие активного обмена веществ, накопления в организме белка; у взрослых животных этот процесс имеет несколько иной характер (в основном происходит жиरोобразование). Рост тела животного непосредственно зависит от преобладания процессов синтеза, т.е. ассимиляция над процессами диссимиляции (распада) веществ.

Развитие – процесс перехода из одного состояния в другое, более совершенное, переход от одного качественного состояния к другому, т.е. необратимый, закономерный направленный процесс взаимосвязанных количественных (рост, увеличение клеток) и качественных (дифференцировка, созревание, старение) изменений особи в период от образования зиготы до гибели организма.

В биологии различают:

- развитие индивидуальное (онтогенез);
- развитие прогрессивное (с развитием новых органов и систем);
- развитие регрессивное (с исчезновением отдельных функций и систем);
- развитие прямое (для млекопитающих) без метаморфоза;
- развитие не прямое (для насекомых) с метаморфозом

Кроме того, для индивидуального развития существенными являются процессы дифференциации (возникновение биохимических, физиологических, морфологических различий между клетками общего происхождения) и интеграции (соподчинение отдельных частей и функций единому целому). Эти процессы неразрывно связаны между собой рядом общих функций и систем (нервная система, эндокринные железы и др.).

В процессе онтогенеза животных в одних случаях усиленная дифференциация сопровождается снижением роста, в других случаях бурный рост связан с замедленным развитием организма. В отличие от млекопитающих у насекомых отмечается резкая периодизация онтогенеза, взаимоисключающая процессы роста и развития. Интенсивный рост у насекомых наблюдается только между линьками, а развитие – во время линьки. В организме животных эти процессы протекают параллельно, обуславливая друг друга.

Развитие организма начинается с оплодотворения яйцеклетки и формирования зиготы (оплодотворенная яйцеклетка), которая включает в себя хромосомные и нехромосомные системы родителей (отца и матери). И каждый организм наследует от своих близких и далеких предков способность определенным образом развиваться и реагировать на воздействие внешней среды, формируя свои индивидуальные качества (особенности), обуславливающие преемствен-

ность между поколениями животных данного вида, породы.

Зигота (наследственная основа) несет в себе отпечаток всей предшествующей истории развития вида животных, т.е. филогенеза. Уместно напомнить, что генотип представляет собой комплекс наследственной информации организма, передающийся от родителей к потомству. Именно этим и объясняется постоянство видовых, породных, линейных свойств организма животного. В процессе онтогенеза происходит как бы раскрытие его генотипа, формируется комплекс фенотипических качеств (количественные и качественные признаки организмов).

Фенотип – комплекс всех признаков (количественных и качественных) организма на данном периоде онтогенеза. Обусловлен фенотип наследственной основой организма и условиями внешней среды.

Рост происходит либо путем увеличения размеров клеток, которые при этом не делятся, или же связан с клеточным размножением. Первый (более редкий) тип роста называется ауксетичным, второй (более обычный) пролиферационным.

Ауксетичный рост наблюдается у коловраток, круглых червей, личинок насекомых, у которых число клеток остается постоянным (явление эвтемии).

Пролиферационный рост известен в нескольких формах (мультипликационный и аккреционный рост).

Мультипликативный рост характеризуется тем, что обе клетки, возникшие от деления родоначальной клетки, снова вступают в деление. Количество клеток N растет в геометрической прогрессии: если n – номер деления, то $N_n = 2^n$

Этот механизм дает наибольший вклад в увеличение массы растущего организма. И если допустить, что нет потерь клеток, клетки делятся с одинаковой скоростью и их размер не изменяется, то зиготе массой 10^{-9} г и ее потомкам достаточно 42 последовательных делений, чтобы сформировать организм массой 100 кг, а новорожденному ребенку, который весит 3–4 кг, достаточно 4–5 актов деления, чтобы превратиться во взрослую особь. Но такой рост в чистом виде не встречается в природе, либо быстро заканчивается.

Аккреционный рост связан с тем, что после каждого последующего деления лишь одна из клеток делится, другая деление прекращает. Число клеток растет линейно: если n – номер деления, то $N_n = 2n$.

Рост большинства организмов в эмбриональный и ранний постэмбриональный периоды больше всего соответствует мультипликативному процессу. Аккреционный рост характерен для органов, где происходит прирост или обновление клеток состава в течение всей постэмбриональной жизни особи. Аккреционный тип роста свойствен таким системам, как эритроидная, слизистые покровы кишечника, дыхательные пути и др. (клетки выходящие из зоны размножения, пройдя дифференцировки, гибнут и разрушаются), а также системам, в которых выходящие из зоны размножения клетки омертвывают, но сохраняются в форме рогов, зубов, раковин.

Из всех параметров развития, рост доступнее всего количественному описанию. В определенной мере это обусловлено тем, что рост можно считать самым длительным в онтогенезе, относительно монотонным и лишенным разры-

вов процессом. Поэтому он может быть представлен в виде непрерывных функций таких фундаментальных переменных, как время (возраст) и масса (размеры).

Процессы роста рассматриваются в таких аспектах:

– как чисто скалярные процессы увеличения массы, что связано с построением уравнений абсолютной скорости роста во времени.

– как пространственно организованный процесс. При этом исследуются различия в относительных скоростях роста между отделами организма, между частью и целом.

Эти процессы также описываются рядом уравнений.

В редких случаях при изучении роста многоклеточных животных необходимо подсчитать общее число клеток: как правило, интерес представляет усредненный прирост живой массы, состоящей из очень большого количества клеток. На этом основании заимствуется принцип автокаталитического роста, т.е. размножение каждой единицы живой массы. Соответствующее уравнение в дифференциальной форме имеет вид:

$$\frac{dW}{dt} = KW,$$

т.е. скорость роста пропорциональна массе.

Удобна и такая форма записи:

$$\left(\frac{1}{W} \right) \times \left(\frac{dW}{dt} \right) = K$$

– выражающая постоянство скорости удельного роста (роста единицы массы ткани).

Коэффициент K называется скоростью роста. Как видно, при постоянном K рост будет выражаться прямой линией.

У большинства организмов скорость мультипликативного роста в ходе развития снижается. Кривая скорости роста, как правило, имеет S-образный характер (рис. 1).

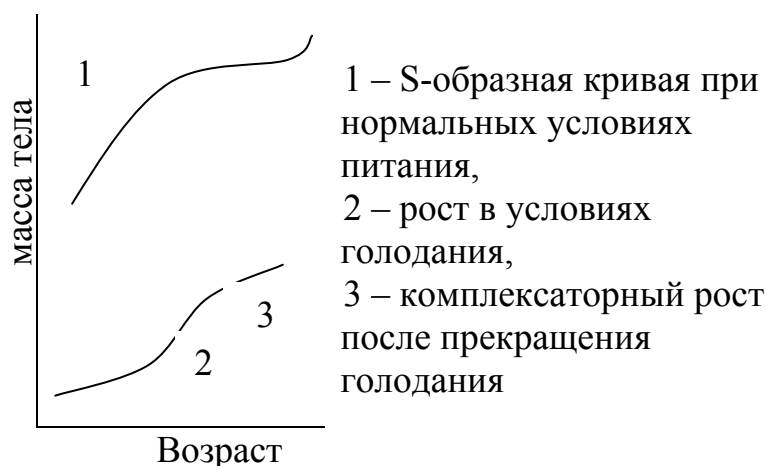


Рис. 1. График роста животного

Внимание многих исследований было направлено на объяснение второй ветви этой кривой (замедление роста). При этом учитывалось, во-первых, представление о росте, как о саморегулируемом процессе. Это приводило к тому, что скорость роста рассматривалась как функция достигнутых размеров или времени. Во-вторых, проводились поиски различных ингибиторов и стимуляторов скорости роста животных.

Рост в этом случае рассматривается как процесс, управляемый извне.

Аллометрический рост – одно из основных средств достижения видоспецифической формы животных. Его биологический смысл заключается в том, что организму в ходе роста необходимо сохранить не геометрическое, а физическое подобие, т.е. не превышать определенных отношений между массой тела и размерами опорных (элементы скелета) и двигательных (мышцы) органов. Поскольку с ростом масса тела возрастает примерно в третьей степени, а сечения костей – лишь во второй степени, то для того, чтобы растущий организм не был раздавлен собственной тяжестью, кости должны расти в толщину непропорционально быстро.

В практике животноводства обычно вместо понятия онтогенез употребляется термин рост, подразумевая под ним увеличение массы и размеров тела. Различают весовой, линейный, объемный рост. Более доступными для учета являются весовой и линейный учет. Измеряют (взвешивают) животных через определенные сроки. При этом необходимо помнить, что линейные измерения могут быть надежным критерием роста лишь отдельных частей организма. Например, при временном недостатке питания молодняка живая масса может сократиться на одном уровне, а рост в длину, высоту и ширину продолжиться, хотя и с меньшей интенсивностью. Поэтому для более объективной оценки роста животных необходимо систематически взвешивать и измерять.

С учетом общепринятых в биологии понятий, относящихся к росту, целесообразно рассмотреть следующие стороны этого процесса: скорость, интенсивность, продолжительность, великорослость, время удвоения живой массы, спад интенсивности роста.

Скорость роста – прирост тела в единицу времени. Скорость является абсолютной мерой роста за период, в который она определяется. Скорость постэмбрионального роста представляет собой отношение между массой животного в момент взвешивания и массой при рождении (начальной) к его возрасту, выраженному в сутках (среднесуточный прирост – **A**).

$$A = \frac{W_t - W_0}{t} \quad (\text{г, кг})$$

Интенсивность (напряженность) роста характеризуется относительной скоростью роста. Этот показатель отражает взаимоотношения между величиной растущей массы и скоростью роста.

$$K = \frac{W_t - W_0}{W_0} \times 100$$

или согласно С. Броди

$$K = \frac{W_t - W_0}{0,5(W_t + W_0)} \cdot 100$$

Относительная скорость роста достигает максимума в ранней его фазе, с возрастом снижается.

В отдельных случаях скорость роста определяют также по формуле, предложенной С. Броди и И. Шмальгаузенем:

$$A = \frac{\log W_t - \log W_0}{(t_2 - t_1) \times 0,4343} \quad \text{где}$$

A – скорость роста

W_0 – масса начальная

W_t – масса конечная

t – время,

0,4343 – основание натуральных логарифмов

По этой формуле можно определить константу роста $K=A \times t$.

Произведение скорости роста на возраст – величина постоянная. Иначе говоря, скорость роста снижается пропорционально возрасту. Постоянство константы роста характерно для определенных периодов онтогенеза. Зная величину константы роста и возрастные периоды, на которые она распространяется, можно прогнозировать конечные показатели роста животных по отрезкам времени.

Длительность роста характеризуется способностью организма к росту во времени и определяется возрастом животных, в котором прекращается рост.

Великорослость – размеры тела, представляющие собой конечный результат роста. Великорослость выражается массой животных в момент завершения роста.

Размеры взрослого животного определяются главным образом длительностью эмбрионального развития, продолжительностью и скоростью роста. Мелкие животные растут с большей относительной скоростью, но продолжительность активного роста у них меньше, чем у крупных.

Таблица 2 – Зависимость живой массы животных от продолжительности роста

Вид животного	Продолжительность			Живая масса взрослого животного, кг
	жизни, лет	эмбрионального периода, мес.	роста, лет	
Верблюд	25–30	13	6,0	500–700
Кошка	9,5–11	2,0	1,5	3–5
Кролик	7,0–10	1,0	1,0	4–6
Крупный рогатый скот	25–30	9,5	4,0	450–1000
Лошадь	30–35	11,0	5,0	500–1000
Овца	10–13	5,0	1,5	60–70
Собака	10–13	2,0	2,0	15–20

Длительность жизни зависит от продолжительности периода развития, размеров животных, их плодовитости, типа питания. Животные растут дольше, если период их развития и масса тела больше. Травоядные животные более долговечны, чем плотоядные. Плодовитость животных находится в обратной зависимости от продолжительности их жизни.

Время удвоения живой массы (сутки) зависит также от многих факторов (плодовитость, скорость роста и др.). Величина данного показателя колеблется в пределах для: мышей – 4–6; крыс – 5–9; кролика – 6–7; свиньи – 6,5–16; собаки и кошки – 8–9,5; овцы и козы – 10–20; крупного рогатого скота и лошадей – 50–60; осла – 70; человека – 130–180 суток.

3.2. Оценка особенностей экстерьера и типов конституции животных в онтогенезе

Экстерьер – внешний вид (внешние формы) животного – формируется в определенных условиях среды под влиянием генотипа и изменяется с возрастом. По внешнему виду животного, по соотносительному развитию отдельных частей его организма (статей) можно определить, какому направлению продуктивности оно соответствует. Так, животные молочного типа имеют менее развитые, чем у мясных животных, мускулатуру и жировые отложения. Кожа тонкая эластичная. Формы тела более угловатые, с выступающими очертаниями костяка. Хорошо развиты молочные железы и брюшная часть тела (пищеварительные органы). Голова узкая, с удлинённой лицевой частью черепа. Развитая грудь (длинная, не такая широкая, как у мясного скота). Ноги крепкие, правильно поставленные и более длинные, чем у мясных животных. Особи мясного типа характеризуются глубоким и широким туловищем, хорошо развитой («пышной») мускулатурой и подкожным жировым слоем. Кожа рыхлая, нежная. Голова легкая, короткая, широкая. Шея короткая и толстая. Грудь широкая и глубокая. Холка, спина и поясница ровные, широкие, омускуленные. Зад длинный, широкий, ровный, с хорошо развитой мускулатурой. Ноги относительно короткие, широко и отвесно поставленные.

Помимо этого, экстерьер животного характеризует: его пол (самки существенно отличаются по развитию ряда статей от самцов); возраст; здоровье и крепость; породную принадлежность.

Экстерьер животного оценивают по соотносительному развитию отдельных статей, учитывая их половые и возрастные особенности, следующими методами: общая глазомерная оценка, пунктирная (бальная) оценка и оценка путем измерения. При общей глазомерной оценке обращают внимание на общий вид и развитие животного в целом, на пропорциональность его телосложения, на развитие отдельных статей и гармоничность сложения.

Для более точной и конкретной характеристики экстерьера животных производят их пунктирную, или бальную, оценку. Её задача – сделать глазомерную оценку более объективной. Для животных каждого вида (крупный рогатый скот, лошади, свиньи, овцы и т.д.), а в пределах одного вида – для животных

разного направления продуктивности (молочный или мясной скот и т.д.), пола и возраста разработаны шкалы пунктирной оценки.

При оценке экстерьера необходимо четко представлять себе основные недостатки и пороки телосложения.

Цифры, полученные при измерении животных (промеры), дают представление о количественном выражении развития отдельных частей, но не характеризуют их качественных особенностей.

У животных измеряют высоту в холке, глубину груди, обхват груди, косую длину туловища, обхват пясти.

Промеры используются для вычисления индексов, которые позволяют судить о пропорциональности, типе телосложения животных и др.

Под индексом телосложения понимают отношение одного промера к анатомически связанному с ним другому промеру, выраженное в процентах.

Промеры могут быть использованы и для построения экстерьерного профиля, т.е. графического изображения степени отличия промеров (или) индексов данного животного или группы животных от стандарта. За стандарт обычно принимают средние данные по породе, линии и т.д.

Под конституцией следует понимать совокупность морфофизиологических и биохимических особенностей организма как целого, обусловленных наследственностью, условиями развития (фенотип = генотип + среда) и связанных как с характером продуктивности, так и со способностью организма определенным образом реагировать на факторы среды.

П.Н. Кулешов в свое время изучил относительное развитие и функцию основных морфологических частей организма овец разного направления продуктивности (молочных, мясных и шерстных). При этом установлено, что молочные овцы имеют тонкую, плотную и эластичную кожу; слабо развитый жировой слой и сухую мускулатуру; плотный, но не массивный костяк; хорошо развитые молочные железы и внутренние органы (пищеварения, дыхания и кровообращения). У мясных овец кожа тонкая и рыхлая, хорошо развиты жировой и мускульный слои (пышная мускулатура); тонкий и менее развитый костяк; внутренние органы – особенно пищеварительная система и молочные железы – менее развиты, чем у молочных животных.

Шерстные овцы характеризуются достаточно развитой (толстой) кожей (шерсть является её производным); плотной, среднеразвитой мускулатурой; довольно хорошим развитием внутренних органов.

На основе этих данных, а также в зависимости от грубости или нежности и плотности или рыхлости сложения животных П.Н. Кулешов выделил четыре типа конституции, которые характеризуются следующими особенностями.

Нежная плотная. К ней относятся животные пород специализированного молочного скота и верховых лошадей. Они имеют повышенный обмен веществ, энергичный темперамент, хорошую жизнеспособность. Кожа тонкая, плотная, эластичная, покрытая густым, тонким, и блестящим волосом. Голова легкая. Шея удлиненная. Грудная клетка хорошо развита. Костяк сравнительно легкий, но прочный. Конечности сухие, крепкие. Копыта прочные. Животные относи-

тельно высоконоги. Мускулатура сухая и плотная, умеренно развитая. Подкожный жировой слой развит слабо.

Нежная рыхлая. Ее представителями являются животные пород специализированного мясного скота и сальные свиньи. Они имеют пониженный обмен веществ и поэтому быстро откармливаются и жиреют, слабо возбудимую нервную систему, флегматичный темперамент. Кожа тонкая, нежная, но рыхлая. Голова легкая, укороченная. Шея короткая. Глубокая, широкая, округлая и короткая грудная клетка. Костяк тонкий, легкий. Животные относительно низконоги. Хорошо развиты объемистая (пышная), нежная мускулатура и подкожный жировой слой.

Грубая плотная. К этому типу конституции относится, как правило, рабочий скот и лошади тяжеловозных пород. Животные имеют средневозбудимую нервную систему, хорошую работоспособность, энергичны, выносливы и неприхотливы. Кожа толстая, плотная, покрытая густым волосом. Голова достаточно грубая. Шея короткая, толстая. Хорошо развита передняя треть туловища. Костяк сравнительно массивный, грубый, но прочный. Копыта и суставы крепкие. Мускулатура хорошо развита, плотная. Подкожный жировой слой развит слабо.

Грубая рыхлая. Животные такой конституции сравнительно позднеспелы, флегматичны, малоподвижны, (лошади некоторых пород, животные мясных пород крупного рогатого скота). У них слабо возбудимая нервная система, кожа толстая рыхлая, покрытая грубым волосом. Достаточно массивный костяк. Хорошо развита, рыхлая мускулатура.

В значительно меньшей степени в практике используют классификацию типов конституции, предложенную швейцарским ученым У. Дюрстом, положившим в ее основу взаимосвязь телосложения с интенсивностью окислительно-восстановительных процессов, протекающих в организме животных. Он выделил два основных типа – дыхательный и пищеварительный. Дыхательный тип характеризуется узкотелостью, длинной грудной клеткой достаточной глубины (это обеспечивает хорошее развитие легких, сердца и других органов), косо поставленными ребрами, тонкой, плотной, эластичной и подвижной кожей; легким плотным и крепким костяком и плотной, сухой мускулатурой; повышенной интенсивностью обменных процессов. К этому типу относятся верховые лошади, шерстные овцы и молочный скот.

Животные пищеварительного типа имеют более широкое тело, короткую и глубокую грудную клетку, с отвесно поставленными ребрами; рыхлую кожу; развитую подкожную жировую клетчатку и мышцы; тонкий костяк; пониженный обмен веществ. Такой тип конституции имеют скот и овцы мясных пород, тяжеловозные лошади.

С конституцией связаны многие хозяйственные и биологические свойства организма: здоровье, продуктивность, скороспелость, способность к откорму, темперамент, сопротивляемость внешним воздействиям, продолжительность жизни, способность к акклиматизации и т.д. В дополнение к типам конституции, выделенным П.Н. Кулешовым, Е.А. Богданов, а затем и М.Ф. Иванов считали наиболее желательным крепкий ее тип, близкий к плотному. Следует

иметь в виду, что крепкая конституция – основа достаточно высокой продуктивности (мясной, молочной, рабочей, шерстной, яичной и др.). Появление в стаде особей с признаками ослабления конституции, т.е. переразвитых в сторону излишней нежности, рыхлости (что иногда наблюдается среди животных узкоспециализированных пород) или грубости, указывает на нарушения условий кормления, ухода и содержания, или на недостатки в племенной работе.

3.3. Параметры, характеризующие основные виды продуктивности, воспроизводительную функцию сельскохозяйственных животных и птицы

Основные хозяйственно-полезные (фенотипические) признаки животных и птицы относятся к группе количественных и обусловлены совместным действием большого числа генов. Полигенные признаки имеют непрерывную изменчивость и учитываются в онтогенезе с помощью измерений.

Основная цель разведения сельскохозяйственных животных – получение наибольшего количества той или иной продукции определенного характера с оптимальными затратами средств. Правильный и своевременный учет продукции и оценка животных по продуктивности в онтогенезе имеют важное селекционное значение. На результатах этой работы базируется весь комплекс селекционно-племенной и др. работы.

Для характеристики продуктивных качеств молодняка крупного рогатого скота, свиней, овец, птицы при выращивании и откорме оценивают показатели: скорости роста, затрат кормовых средств в расчете на единицу прироста живой массы, убойной массы, убойного выхода, состава туш и др.

При этом живая масса – один из основных показателей, определяемый наследственными задатками родительских форм. Предполагается, что один из генов связан с полом и поэтому живая масса самцов выше, чем самок. У особей быстро растущих пород эти различия больше, чем у медленно растущих. Животные крупных пород развиваются и растут более интенсивно.

Живая масса имеет значение не только как селекционируемый признак, но и как показатель состояния здоровья, как неперемное условие для проявления генетического потенциала организма. Крайне важно, чтобы живая масса животных поддерживалась на оптимальном уровне для данного стада (породы) и возраста. Особенно при отборе на ранних этапах предпочтение отдается молодняку с большей живой массой, учитывая, что на скорость роста, кроме породного (генетического) фактора в значительной мере оказывают влияние и условия внешней среды.

Оценку молочной продуктивности коров проводят по величине удоя, жирномолочности, белковомолочности и др. за лактационный период (305 дней).

Индивидуальную молочную продуктивность коров определяют за сутки, раз в декаду (10 дней), за месяц и за лактацию. При этом используются данные контрольных доений и контрольного определения содержания жира в молоке.

Кроме того, для оценки продуктивности молочного скота используются так называемые производные признаки, учитывающие несколько исходных показателей:

- количество молочного жира в удое за лактацию;
- коэффициент молочности коров (получено молока в расчете на 100 кг живой массы животных);
- количество молока базисной (стандартной) жирности;
- затраты кормовых средств в расчете на единицу продукции (молока) и др.

Величину высшего суточного удоя, коэффициента постоянства лактации учитывают для оценки лактационной деятельности животных.

В молочном скотоводстве особое внимание уделяют показателям, характеризующим пригодность коров к машинному доению, понимая их способность достаточно быстро и в полной мере отдавать молоко. При этом учитывают как морфологические (форма молочной железы и сосков), так и параметры, характеризующие свойства молокоотдачи (продолжительность доения и скорость молокоотдачи, равномерность развития долей вымени и одновременность их выдаивания, наличие остаточного молока в вымени).

Шерстная продуктивность овец оценивается рядом показателей, в т.ч. такими, как настриг шерсти в невытканом волокне, выход (%) мытой шерсти, качество состриженной шерсти (цвет, дефектность, класс и т.д.), естественная и истинная длина шерсти, крепость шерсти, поперечный размер (тонина) шерстных волокон, густота шерсти и др.

При оценке яичной продуктивности птицы в онтогенезе применяются: средняя яйценоскость в расчете на несушку, интенсивность яйцекладки, средняя масса яйца племенной несушки, затраты кормовых средств в расчете на 10 яиц и 1 кг яичной массы, живая масса, сохранность молодняка и т.д.

Воспроизводительная способность животных – сложный физиологический признак, который характеризуется многими показателями. При этом особое внимание приобретает оценка данных параметров, как у самок, так и у самцов.

В скотоводстве, кроме общего выхода телят на 100 маток, необходимо учитывать и такие характеристики воспроизводительной (репродуктивной) функции как возраст животных при первом отеле, уровень оплодотворяемости после первого осеменения, число осеменений на зачатие (индекс осеменения), сервис-период, межотельный период, коэффициент воспроизводительной способности, продолжительность межотельного периода, уровень яловости в стаде, индекс плодовитости и др.

В свиноводстве воспроизводительную функцию свиноматок в онтогенезе оценивают с учетом данных многоплодия, крупноплодности, молочности, сохранности поросят, выходом их в расчете на 100 маток за год, количества опоросов на матку за год и др.

Воспроизводительную способность птицы определяют по показателям оплодотворяемости яиц и выводу молодняка, по плодовитости несушек, по половой зрелости (возраст молодых при снесении первого яйца).

Племенных быков-производителей с учетом качества спермопродукции и оплодотворяющей ее способности.

Воспроизводительные качества хряков-производителей учитываются процентному соотношению количества опоросившихся и супоросных маток к числу осемененных, по качеству спермы и т.д.

Основные параметры воспроизводительной функции сельскохозяйственных животных и птицы в определенной мере являются наследственно обусловленными. Однако величина генетической изменчивости данных признаков незначительная и не превышает, как правило, 10%. Поэтому рекомендуется уделять внимание оценке производителей с учетом плодовитости потомства.

Современные условия технологии производства предъявляют достаточно высокие требования к животным по их устойчивости к нарушению воспроизводительных показателей. Особенно это касается таких данных, как мертворождаемость, трудные роды, аборт, бесплодие самок и др. Исследования показывают, что подобные нарушения в определенной мере связаны с генетической предрасположенностью животных.

3.4. Общие закономерности индивидуального развития (онтогенеза) животных

Для роста и развития животных характерен ряд общих закономерностей. Это, прежде всего неравномерность процессов развития и изменение скорости роста с возрастом. Наиболее интенсивное увеличение массы растущего организма наблюдается на ранних стадиях эмбрионального развития. Так, зародыш свиньи в возрасте 15–20 дней удваивают свою массу за 5–6 дней, а 3-месячные поросята – только за 10 суток, т.е. в 2 раза медленнее. С уменьшением общих размеров животного число последовательных удвоений массы в эмбриональный период сокращается.

Наиболее интенсивно прирост плода идет в последнюю треть беременности. Животные разных видов имеют особенности эмбрионального роста и развития, различна и живая масса потомства. Живая масса животных при рождении – показатель дальнейшего развития организма.

Таблица 3 – Скорость роста животных в онтогенезе

Вид животного	Масса			Число удвоений массы		
	зиготы, мг	при рождении, кг	взрослого животного, кг	в эмбриональный период	в постэмбриональный период	за весь период
Лошадь	0,600	50	500	26,1	3,4	29,7
Собака	0,401	0,22	11	19,0	5,2	24,1
Кошка	0,630	0,08	3,8	17,0	5,8	22,8
Морская свинка	0,499	0,05	0,1	16,6	3,58	20,1

Кроме того, для онтогенеза животных и птицы характерен ряд общих генетических, биохимических, физиологических и др. закономерностей.

Неравномерность – одна из закономерностей роста не только организма в целом, но и отдельных органов, тканей и т.д., что приводит к изменениям тело-

сложения с возрастом. При этом неравномерность роста отделов скелета обусловлена эволюционными факторами. Установлено, что масса скелета после рождения у животных увеличивается значительно меньше, чем масса всего тела. С возрастом масса скелета у крупного рогатого скота по отношению к массе организма снижается от 35 до 10%, а у лошади от 30 до 13% и т.д.

По особенностям роста осевого (череп, позвоночник, ребра, грудная кость) и периферического (конечности, лопатка, кости таза) среди животных выделяются следующие типы:

– первый (кролик, кошка) характеризуется тем, что в постэмбриональный период рост костей периферического скелета преобладает над ростом костей осевого скелета;

– второй (свиньи) характеризуется примерно одинаковой скоростью роста в постэмбриональный период как осевого, так и периферического скелета;

– третий (крупный рогатый скот, овцы, лошади) отличается значительным преобладанием скорости роста костей периферического скелета в утробный период. Травоядные животные при рождении относительно длинноноги и имеют укороченное узкое туловище. Осевой скелет растет у них интенсивнее в постэмбриональный, что позволяет молодяку сразу же после рождения получить корм (молоко) и следовать за матерью.

Скелет играет важную роль в жизни животных. Скелет – это опорная и защитная функция, является одним из компонентов обуславливающих крепость конституции. Рост периферического скелета, богатого красным костным мозгом, способствует более быстрому развитию всего организма в онтогенезе. Особенности роста скелета животных приведены в таблице 4.

Скелет – это не только аппарат движения и опоры, но и орган кроветворения. В утробный период функцию кроветворения выполняет в основном печень, а в послеутробный период эта функция переходит к костной системе. Чтобы выполнять её сначала послеутробного периода, костная система, особенно периферическая часть должна быть хорошо развита ко времени рождения. Этим объясняется то, что организм новорожденного богаче кровью, а кровь гемоглобином, чем организм матери. Так, у новорожденного жеребенка доля крови к массе тела составляет 6,8 %, а у взрослой особи около 4 %.

Таблица 4 – Особенности роста скелета животных (по данным Я.В. Бровара)

Вид животных	Масса скелета от живой массы, %		Коэффициент роста в послеутробный период	
	новорожденные	взрослые	осевого	периферического
Кошка	16	10	15	27
Кролик	15	8	28	55
Овца	18	7	12	10
Корова	25	10	9	3
Лошадь	30	13	8	5

Высоконоготость молодняка копытных, который вынужден много двигаться связана с необходимостью иметь хорошие очаги кроветворения (трубчатые кости конечностей). Это обстоятельство привело в свою очередь к увеличению сроков внутриутробного развития этих животных и более интенсивному росту в этот период периферического скелета по сравнению с осевым.

Неравномерность роста и развития тесно связана с периодичностью. Период (греческое) – продолжительный промежуток времени, в течение которого происходят процессы общего значения.

В индивидуальном развитии животных наблюдается определенная периодичность (внутриутробное или эмбриональное и после-утробное, постэмбриональное развитие).

Известно несколько классификаций периодизации онтогенеза. Так, Д.А. Кисловловский в эмбриональном развитии молодняка крупного рогатого скота выделял несколько периодов, отличающихся интенсивностью роста. Уинтерс А. (США) выделял три периода внутриутробного развития:

– период зиготы – от оплодотворения яйцеклетки до сегментации яйца и прикрепления его к матке;

– эмбриональный, когда формируются и закладываются органы и части тела;

– фетальный период, характеризующийся ростом и развитием плода (у овец с 34 суток до окота, у крупного рогатого скота с 48 дня до отела).

Английский эмбриолог выделял шесть фаз внутриутробного развития: созревания яйца, оплодотворения его, расслоение яйца, бластулы, гастрюлы и период формирования основных органов.

В зоотехнической науке достаточно широкое распространение получила периодизация онтогенеза Шмидта, согласно которой в утробный период выделяются следующие фазы (периоды):

– зародышевая фаза. В результате сложных превращений и дифференцировки возникает зародыш. Для этого периода характерны в основном качественные изменения: дробление, дифференцировка, образование эндодермы, амниона, хориона, нервной пластинки, хорды, первичной почки, дифференцированного кишечника и д.р. Продолжительность этой стадии у крупного рогатого скота около 34, овец 28, свиней – около 22 суток.

– предплодный период, характеризуется усиленной анатомической дифференциацией. При этом формируется желудочно-кишечный тракт, осевой и периферический скелет, кровеносная система плода, развиваются органы чувств, дифференцируются пищеварительные железы и т.д.. В итоге образуется ранний плод с характерными признаками для данного вида животных. Продолжительность предплодного периода у крупного рогатого скота около 26, у овец -18, у свиней –16 суток.

– плодная, наиболее продолжительная, фаза для которой характерно интенсивное развитие мышц, коры полушарий головного мозга, формирование функций желудочно-кишечного тракта. Происходит резкое увеличение размеров и массы плода, появляется шерстный покров, складывается жизнеспособность и индивидуальные особенности организма.

Продолжительность плодной стадии у крупного рогатого скота около 220 суток, овец около 100 суток и у свиней около 80 суток.

Каждому периоду характерна определенная система органов связи плода с организмом самки:

– в зародышевой период эмбрион питается секретами маточного рога, в котором он развивается;

– в предплодную фазу питание осуществляется секретами обоих маточных рогов (образуются примитивные котиледоны);

– в плодную стадию связь плода с матерью осуществляется в основном через систему котиледонов.

Переход от одной фазы к другой характеризуется достаточно выраженными переломными моментами.

Следует отметить, что в плодный период (особенно во второй половине) повышается значение уровня питания плода. Требуется полноценный и достаточный уровень кормления маток. В послеутробном развитии по Пшеничному выделяются следующие периоды:

– период новорожденности, который связан с переходом от внутриутробного к послеутробному развитию. Организм приспособляется к самостоятельной жизни. Продолжительность 2-3 недели. При этом животное переходит на легочное дыхание, питание осуществляется через рот, выделение через соответствующие органы. Развивается терморегуляция, меняются очаги кровотока, появляются условные рефлексы и др.;

– фаза молочного питания, продолжается до отъема (прекращение скармливания молока молодняку). Кроме молока животным требуются другие полноценные корма. Рост достаточно интенсивный в данный период.

– фаза наступления половой зрелости животных. Под влиянием половых гормонов заметно меняются пропорции телосложения, развиваются вторичные половые признаки, проявляется половой диморфизм, наступает половая зрелость. Животные способны к воспроизводству. Рост замедляется, у самок появляются половые циклы;

– период физиологической зрелости и расцвета функциональной деятельности организма. Это период наивысшей воспроизводительной способности, максимальной продуктивности. На продолжительность данной фазы весомое влияние оказывают условия выращивания молодняка, кормления и эксплуатации животных;

– стадия старения организма, характеризуется затуханием обменных процессов, снижением продуктивности, воспроизводительной способности и т.д. Продолжительность данного периода во многом обусловлена факторами внешней среды.

Фазы новорожденности, молочного и полового созревания – периоды прогрессивного послеутробного развития.

Известны и другие схемы периодизации онтогенеза животных. Так, Хэмонд в послеутробном развитии мясного скота выделял следующие периоды:

1 – у животных костная ткань прирастает интенсивнее мышечной, а мышечная интенсивнее жировой;

2 – фаза, когда мускулатура нарастает в большей мере, чем жировая ткань, а жировая интенсивнее костной ткани;

3 – фаза ожирения (жировая ткань накапливается быстрее мышечной в организме, а мышечная растет интенсивнее костной);

4 – фаза – период взрослого животного (рост костей почти прекращается, масса организма увеличивается за счет прироста жира).

В онтогенезе животных наблюдаются и так называемые критические периоды или «критические точки» роста, характеризующиеся особой чувствительностью организма к внешней среде: период имплантации оплодотворенной яйцеклетки; период плацентации, усиленной дифференциации; новорожденности и полового созревания. В эти фазы чаще всего наблюдаются патологические сдвиги в развитии организма.

Ритмичность онтогенеза – чередование каких-либо элементов, происходящее с определенной частотой или последовательностью.

Биоритм (греч. биос – жизнь + греч. ритмос – чередование, последовательность) – ритмично-циклические (суточные, сезонные и д.р.) колебания интенсивности и характера биологических процессов, дающие организмам приспосабливаться к изменениям среды. У человека предполагается значительное число биоритмов, связанных как с природной ритмикой, так и с внутренним его состоянием (половые ритмы, физические и психические биоритмы, имеющие физиологическую основу и д.р.).

Организм животного представляет собой единство и борьбу противоположностей. Возбуждение и торможение, ассимиляция и диссимиляция и д.р. служат источником развития и порождают определенную ритмичность процессов. По И. Павлову ритмичность в питании животных повышает стойкость пищевого рефлекса и аппетита. Однообразие жизни, как и перебои в питании нарушают пищевой рефлекс, делают его нестойким. Длительное однообразное воздействие неменяющихся факторов угнетает деятельность организма, снижая его жизнечность.

Определенную ритмичность весового роста телят наблюдал Фёдоров. Ритмичность выражалась в определенном чередовании, в смене то более высоких, то более низких среднесуточных приростов. Средняя продолжительность 1 ритма (подъем и спад интенсивности роста) у телят составлял 12 суток. Примерно такой же по продолжительности ритмичность была у кроликов.

Ритмичность весового и линейного роста характерна и другим животным. Так у жеребят закономерные подъемы и замедления привесов и линейных промеров не совпадали во времени: при увеличении весового роста снижается интенсивность линейного роста и наоборот. Длительность ритма зависела от породы, пола, возраста и д.р. факторов и колебалась в пределах двух недель.

Определенная ритмичность наблюдается во многих других отправлениях организма животных в онтогенезе. Это ритмичность половых циклов у самок, ритмичность в использовании азота коровами: периоды с отрицательным балансом чередуются с периодами положительного баланса этого элемента. Ритмы в обмене веществ, ритмы в нервной деятельности обусловлены сменой дня и ночи, приёма пищи и покоя. Приведенные и другие примеры ритмичности имеют характер биологических ритмов, эволюционно возникших при приспособлении организма к внешней среде.

3.5. Факторы, регулирующие процессы роста и развития животных в онтогенезе

Индивидуальное развитие организма, долголетие и старение детерминировано его генотипом и осуществляется в конкретных условиях среды. При этом генетические возможности значительно богаче и шире, чем проявление их у любой особи популяции. Реализация генетической программы осуществляется путем сложных процессов размножения клеток и их специализации, роста и развития организма посредством активации и репрессии многих генов в определенной последовательности.

По периодам онтогенеза происходит смена регуляторных систем (матричные рибонуклеиновые кислоты, взаимодействие клеток зародышевых листков, нейрогуморальная вместе с ферментативной системой клеток и тканей), которые обеспечивают уравновешенную (гармоничную) функцию всех частей организма и взаимодействие с внешней средой.

Нормальное развитие организма обеспечивается рядом механизмов, в том числе полигенной детерминацией признаков и свойств, когда мутации отдельных генов не вызывают ощутимых нарушений развития; наличием запаса времени для формирования тканей и органов тела, благодаря чему в случае временных задержек развития сохраняется возможность компенсации их недоразвития и развитием в привычных условиях среды в эмбриональный и постэмбриональный периоды, без резких отклонений от средней нормы.

Тем не менее, случаются различные аномалии (отклонения) в развитии с появлением уродств, снижением жизнедеятельности, вплоть до гибели эмбрионов или новорожденных. Как правило, они происходят в критические периоды интенсивного развития, когда клетки организма наиболее чувствительны к воздействию различных факторов как генетических, так и негенетических.

Среди генетических могут быть генные и хромосомные мутации, которые, однако, составляют незначительную долю аномалий (примерно 0,005–0,006). В большинстве случаев аномалии развития вызывают негенетические факторы (физические, химические, токсические, нарушение обмена веществ, гормональной системы) и др.

Во многих случаях невозможно установить, какой из дефектов генетически детерминирован и какой вызван влиянием среды. Очевидно, следует рассматривать их как результат взаимодействия генотипа и среды и возможное наличие генетической предрасположенности.

Старение клеток и всего организма тоже генетически запрограммировано. Оно начинается смолоду и усиливается к старости. Генетически объясняют этот процесс постепенным накоплением соматических мутаций, вызывающих, в свою очередь, нарушения обмена веществ, ослабления иммунной защиты, ухудшения здоровья и равновесия (гомеостаза) организма.

Из факторов внешней среды на процессы роста и развития животных в онтогенезе весомое влияние оказывают условия их кормления, содержания (микроклимат помещений) и эксплуатации.

Влияние кормового фактора на рост следует рассматривать с двух направлений. Недостаточное и неполноценное кормление молодняка вызывает замедление скорости роста, недоразвитие, снижение продуктивности и т.д. Полноценное и обильное кормление ускоряет рост и развитие животных. Молодняк способен обеспечивать высокие приросты при относительно более экономных затратах энергии. При этом в приростах преобладает белок над жиром. Эту биологическую особенность молодняка целесообразно использовать, обеспечивая необходимые условия интенсивного роста.

При характеристике условий кормления учитывают: общий уровень питания, его полноценность и структуру рационов, распределение питательных веществ по периодам роста молодняка и т.д.

Кроме того, наблюдаются различия в характере роста животных разного пола. Самцам характерна повышенная скорость и продолжительность роста, что приводит к большей живой массе. Животные разных пород отличаются по величине прироста, напряженности и продолжительности роста, великорослости, что сказывается на уровне и направлении их продуктивности. В тоже время встречается несколько основных форм недоразвития животных, обусловленных неблагоприятными условиями кормления в онтогенезе.

Эмбрионализм (сходство новорожденного с эмбрионом ранней стадии развития) – явление внутриутробного недоразвития, которое отражается на дальнейшем развитии организма, характеризующемся следующими признаками: низкой живой массой при рождении, низконогостью копытных, утонченностью трубчатых костей, низкой сопротивляемостью организма и др.

Инфантилизм – недоразвитие на первых стадиях послепостнатального периода, которое характеризуется, как правило, высоконогостью, укорочением осевого скелета, бесплодием и т.д.

Важным вопросом является компенсация задержек роста. Практике известно, что отставание в росте во времени компенсируется. Но слишком сильное и длительное замедление роста полностью не восстанавливается.

Наибольшее влияние на организм оказывают задержки роста в раннем возрасте. Установлено, что ускорение и замедление роста имеет свои закономерности:

– ускорение роста животных обратно пропорционально степени и длительности замедления роста в предыдущем периоде;

– замедление роста прямо пропорционально степени и длительности ускорения роста в предыдущем периоде.

Отсюда становится понятно, что каждому периоду роста на одной стадии онтогенеза соответствует свой оптимальный уровень на другой стадии. В этом заключается основная закономерность индивидуального роста и развития животных, протекающих в соответствии с законами непрерывности, корреляции и неравномерности.

В процессе роста и развития животных наблюдаются две формы изменений: обратимые и необратимые. При этом длительный недокорм молодняка в период роста приводит часто к глубоким изменениям качественного порядка, которые необратимы.

На основании исследований А.А. Молигонова и Н.П. Чирвинского был сформулирован основной закон недоразвития, или закон Чирвинского-Молигонова. Суть его заключается в следующем: степень недоразвития органов и тканей находится в связи с интенсивностью прироста; органы с интенсивным ростом страдают (недоразвиваются) при скудном питании больше, чем органы с менее интенсивным в этот период ростом. При усиленном питании животного в определенный период его развития наиболее интенсивно развиваются те органы и части, которые в данный момент отличаются большей естественной скоростью прироста.

Задержки роста в предплодный и плодный периоды утробного развития обнаруживают ту же закономерность, что и недоразвитие послеутробное: при ненормальных условиях быстро растущие органы и ткани отстают в росте в большей степени, чем медленно растущие. Поэтому недоразвитые в утробный период копытные животные по внешнему виду оказываются менее длинноногими, менее высокозадными, с относительно более утолщенными суставами, с более крупной головой, чем нормально развитые. В своем строении они сохраняют черты, свойственные эмбриону плодного периода утробного развития.

Инфантильным особям характерны высококоногость, высокозадость и недоразвитое в глубину, длину и ширину туловище.

Животные разных типов роста неодинаково реагируют на одни и те же изменения в уровне питания. Так, у копытных недокорм в послеутробный период резко всего сказывается на недоразвитии осевого скелета и туловища в длину, ширину и глубину, а у плотоядных – больше отражается на недоразвитии костей периферического скелета и росте в высоту.

При недостаточном уровне питания в утробный период у животных первой группы (копытные) больше задержка роста периферического скелета и роста в высоту, а у животных второй группы (плотоядные) – кости осевого скелета и рост в длину, ширину и глубину. Задержки в росте, вызванные неблагоприятными факторами внешней среды, отрицательно сказываются не только на показателях роста и развития животного, но и на его крепости и резистентности, на общей жизнеспособности и продуктивности.

Весомое значение в развитии жизнедеятельности организма животного в онтогенезе имеют температурный фактор, физические свойства воздуха, интенсивность освещения помещений, функциональная гимнастика, условия ухода и эксплуатации. Степень влияния на рост и развитие молодняка внешних условий зависит от возраста животных, силы (меры, дозы), и длительности воздействия на него соответствующего параметра и от того, в каком сочетании с другими условиями он находится.

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ПЛЕМЕННОЙ ЦЕННОСТИ (ГЕНОТИПА) ЖИВОТНЫХ

4.1. Теоретические основы и селекционно-генетические параметры наследования фенотипических показателей сельскохозяйственных животных и птицы

Генетика – наука о наследственности и изменчивости организмов. Она является теоретической основой селекции и племенного дела.

Генетика изучает две основные проблемы: материальные основы, или механизмы наследственности и изменчивости; закономерности наследования и изменчивости признаков и свойств организмов в ходе смены поколений. Их понимание превращает селекцию и племенное дело в науку по изменению животных в желательном направлении.

Для изучения закономерностей наследственности и изменчивости используют методы генетического анализа – гибридологический, генеалогический, цитогенетический, биохимический, статистический и др.

Носителями наследственной информации являются нуклеиновые кислоты, находящиеся в хромосомах ядра (ядерная наследственность) и частично в митохондриях клетки (внеядерная наследственность).

Материальной частицей наследственности являются гены – участки ДНК (РНК), ответственные за синтез одного полипептида в составе белковой молекулы. Гены по химической структуре (составу триплетов) чрезвычайно разнообразны, их число у высших организмов превышает 3–4 миллиона. Особи популяции различаются по комбинациям генов.

Молекула ДНК и её гены обладают рядом свойств: самовоспроизведения (репликации); перегруппировки генов между гомологичными участками ДНК (рекомбинации); изредка происходящих спонтанных изменений химической структуры (мутаций); свойством управлять синтезом белков (ферментов) в клетках или их функцией.

Гены проявляют свою активность в определенном месте, с установившейся последовательностью их активации и в определенном возрасте особи. Одни действуют в начальных этапах индивидуального развития, другие активизируются только в молодости или у взрослых особей. В каждый данный момент в специализированной клетке (ткани) активно действуют 5–10% генов, остальные же неактивны или заблокированы.

На активность генов влияют гистоны, ферменты, метаболиты, гормоны или, в общем, биохимические изменения в цитоплазме. Сам процесс регуляции в клетке весьма сложен и генетически запрограммирован. Поэтому путь от гена к конкретной форме признака длителен и сложен в цепи биохимических реакций, физиологических и морфологических изменений. Синтез или репликация ДНК осуществляется в интерфазе жизненного цикла клетки. В мейозе происходит генетическая рекомбинация, или перегруппировка генов между гомологичными хромосомами.

При анализе изменчивости выделяют качественные (альтернативные) и количественные признаки. Различают при этом следующие формы изменчивости:

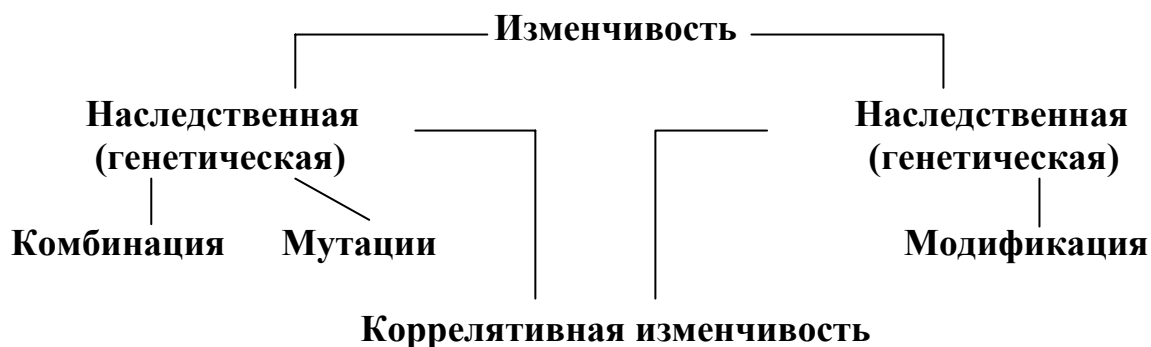


Рис. 2. Основные формы изменчивости

Комбинативная изменчивость создается путем подбора и скрещиваний. При этом гены не изменяются, а создается большое разнообразие их комбинаций и взаимодействия между собой и с условиями среды, формируя разнообразие признаков у особей популяции. Она, являясь основной творческой селекцией, все же не исчерпывает всю генетическую изменчивость.

Периодически возникают мутации в результате изменения структуры гена или хромосом, увеличения или уменьшения числа хромосом против $2n$. Они являются первоисточником возникновения новых аллелей и затем новых форм признака в популяциях. Такими стали комолые особи среди рогатых, различные масти, разнообразие групп крови и т. д. Генные мутации, накапливаясь в популяциях, под действием отбора обуславливают эволюцию видов и пород животных. Используя в селекции целый ряд мутантных форм (комолость, длинношерстность, разнообразные масти), селекционеры, однако, вынуждены направлять усилия на искоренение накапливающихся в популяциях вредных мутаций, в частности летальных и полуметальных генов.

Летальные гены обуславливают гибель зародышей, или эмбриональную смертность, которая существенно уменьшает число новорожденного потомства. По данным ряда ученых, она достигает 18–20% потенциальной плодовитости у многоплодных самок (свиней, овец), а также 12–18% повторных перегулов у коров через 40–60 суток после оплодотворения.

При наличии сублетальных (субвитальных) генов рождается слабое, нежизнеспособное потомство из-за разных уродств и отклонений в строении и функциях организма. Это приводит к постнатальной гибели молодняка в раннем возрасте. Более четко выявляются наследственные нарушения ферментов или энзимопатии, а также различные аномалии в строении организма (уродства).

Для очищения генома от вредных мутаций селекционеры используют ряд приемов:

– анализ оплодотворяемости маток, спаренных с различными производителями (уменьшение многоплодия, перегулы через 2–3 эстральных цикла из-за эмбриональной смерти);

–осмотр новорожденных и констатация их общей жизнеспособности, различных аномалий;

–цитогенетическое обследование производителей на отклонения в структуре и количестве хромосом, обуславливающих нарушения плодовитости и различные аномалии у потомков.

В спектре наследственных аномалий у молочного скота встречаются атаксия телят (не могут стоять), водянка головного мозга, катаракта глаз, эпилепсия, бесплодие из-за недоразвития матки, кисты и гипоплазия яичников, крипторхизм у бычков, деформации спермиев и др. Большинство их наследуется рецессивно и при распространении приносит материальный ущерб.

Модификации представляют собой изменения признаков под влиянием определенных условий среды одновременно у многих особей популяции. Например, при оптимальном кормлении у большинства коров повышаются удои, а при неудовлетворительном – они снижаются. Но эти изменения ненаследственные и для селекции не имеют значения. Однако при продолжительном содержании скота в плохих условиях в ряде поколений происходят отрицательные наследственные изменения, потому что в таких условиях наиболее ценные наследственные факторы, обуславливающие высокую продуктивность, проявляться не могут и не сохраняются отбором, в конечном результате теряются.

Корреляции признаков обусловлены целостностью организма и его наследственной конституцией. При изменении одного из признаков изменяются свойства организма. Показателями такой связи являются генетические и фенотипические корреляции, которые широко используются в селекции. Они могут быть синергическими (усиливающими оба признака) и антагонистическими, когда увеличение одного снижает развитие другого желательного признака. Так, например, при резком повышении удоев коров часто наблюдается ухудшение их плодовитости и общей резистентности к неблагоприятным факторам среды.

Качественные признаки детерминированы одной или несколькими парами генов. Они альтернативны, то есть, возможна одна или другая форма у данной особи. Практически они не изменяются под влиянием условий среды и с возрастом животных, а закономерности наследования соответствуют законам Менделя. Следовательно, их прогнозирование у потомства при селекции достаточно надежно, и селекционеры создают желательный тип весьма успешно.

Обычно одна из форм является доминантной, а другая рецессивной (не проявляющейся у гибридов первого поколения). Качественными признаками у молочного скота, например, являются рогатость, масть или окрас волоса и др.

Комолость (отсутствие рогов) доминирует над рогатостью. Однако у быков вырастают небольшие (2–4 см) конусы рогов, тогда как у коров наблюдается полная комолость. Это различие обусловлено действием половых гормонов.

Различные масти скота (черная, красная, палевая, серая) обусловлены синтезом и сочетанием ряда пигментов, детерминированное несколькими локусами (парами генов). При этом наблюдается определенная соподчиненность при скрещивании разных по масти пород. Черная масть доминирует над красной и серой, черно-пестрая – над красно-пестрой. При скрещивании черно-пестрых быков с

палево-пестрыми симментальскими коровами помеси первого поколения светлее черно-пестрых, а потомство второго поколения становится черно-пестрым. Аналогичное ослабление и усиление черно-пестрой масти наблюдается в скрещиваниях черно-пестрых быков с джерсейскими коровами серой масти. Скрещивание черно-пестрых быков с красными коровами в первом поколении дает черных телят, а у гибридов второго поколения уже проявляется черно-пестрая масть.

Скрещивание черно-пестрых и красно-пестрых животных проявляется в потомстве как дигибридное скрещивание (взаимодействие двух пар аллельных генов). В первом поколении все потомки черно-пестрые, а во втором поколении происходит расщепление на черно-пестрых и красно-пестрых особей.

В процессе эволюции сформировались различные типы взаимодействия генов. Доминирование, или взаимодействие аллельных генов, в разной степени: полное, неполное, сверхдоминантность, кодоминантность.

Эпистаз, или взаимодействие неаллельных генов, в разной форме: комплементарное, эпистатическое, полимерное, модификационное.

При полном доминировании гибриды первого поколения однотипичные (комолые, черные), при неполном доминировании первое поколение гибридов имеет промежуточную форму. У молочных шортгорнов при скрещивании белых и красных особей рождаются чалые потомки, имеющие смесь белого и красного волоса в разном соотношении. А во втором поколении происходит расщепление 1:2:1. Сверхдоминирование характерно тем, что у гетерозигот признак лучше развит, чем у гомозигот. Символами это записывают так: $Aa \succ AA \succ aa$. Оно характерно для адаптивных признаков, резко изменяющихся при благоприятных или неблагоприятных условиях среды: выживаемость, плодовитость, резистентность и долголетие.

Кодоминирование, или отсутствие доминирования, заключается в том, что у гетерозигот оба аллеля проявляются фенотипически, как, например, при наследовании групп крови, полиморфизма белков и ферментов.

Взаимодействие неаллельных генов, расположенных в разных локусах той же хромосомы, или же в разных хромосомах, проявляется по-разному.

Комплементарное действие состоит в том, что проявление одних генов возможно лишь при одновременном действии других, как, например, при взаимодействии двух разных пар генов на наследование формы гребня у кур. У молочного скота такое пока не наблюдалось.

Эпистаз заключается в способности одной доминантной формы подавлять другую доминантную форму признака.

Полимерные гены или многие гены одновременно влияют на один и тот же признак и обуславливают его значительное варьирование. Они включают как доминантные, так и рецессивные аллели разных локусов. Вклад каждой аллели небольшой, а в величине признака особи проявляется суммарное, или аддитивное, действие всех генов. Оно характерно не столько для качественных признаков (окрас кожи и волоса), сколько для количественных хозяйственно полезных признаков отбора: удоя, жирности и белковости молока, живой массы, показателей роста, яичной продуктивности и т.д.

Модифицирующие гены непосредственно не влияют на форму признака, но влияют на фенотипическое проявление основных генов. Например, гены-модификаторы определяют распределение черных и белых пятен на теле черно-пестрого скота без какой-либо закономерности.

Кроме рассмотренных взаимодействий, в животноводстве весьма распространено плеiotропное действие, когда одни и те же гены одновременно влияют на несколько признаков. Например, у молочного скота одни и те же гены влияют на синтез белка, обеспечивающего рост костей, мускулатуры, внутренних органов и образование молока. Плеiotропия обуславливает корреляцию между признаками.

Гены взаимодействуют между собой, а не действуют изолированно. Не будет ошибочно утверждать, что один ген действует на многие признаки и многие гены детерминируют любой признак. Фенотип формируется в результате сложного взаимодействия генов и условий среды как норма реакции генотипа особи на конкретные условия жизни. Факторы среды (кормление, содержание, климат) существенно влияют на фенотипическую изменчивость, однако направление и размах изменчивости определяются генотипом особей популяции.

Количественные или измеряемые и выражаемые числами признаки формируются влиянием многочисленных полимерных генов, взаимодействующих между собой и с условиями внешней среды. Признаки могут быть прерывистыми и выражаться целыми числами (количество сосков, количество позвонков, число телят в приплоде). Но чаще они образуют непрерывную изменчивость признаков продуктивности. Например, удой отдельных коров за 305 дней лактации может принимать любую величину между 2000 и 10000 кг, средняя жирность молока соответственно от 3,2 до 5,0 % и т.д.

Здесь уже невозможно определить влияние на признак отдельных генов и использовать гибридологический анализ аналогично наследованию качественных признаков. Для их анализа разработаны математические методы количественной генетики в популяциях или методы популяционной генетики.

Популяция – это численно большая группа животных одного вида или породы, занимающих определенную территорию и свободно скрещивающихся между собой.

С учетом численности особей различают большие популяции, от нескольких сотен до 100 тыс. и более, а также малые популяции от 30 до 100 особей (в семействах). В них соответственно различно влияние генетического дрейфа (случайные неконтролируемые колебания частоты аллелей).

Идеальную (теоретическую) модель составляет так называемая менделеевская популяция, где сохраняется панмиксия, или случайные спаривания особей друг с другом. При этом каждая особь имеет равные возможности спариваться с любой другой и оставить одинаковое число потомков.

Все разнообразие генов, находящихся в гаметах всех особей популяции, образует ее генофонд. А частота аллелей (А или а) того же локуса у всех особей отражает генетическую структуру популяции. Частота аллелей определяет своеобразную, характерную данной популяции, частоту генотипов (АА, Аа, аа) и фенотипов у её особей.

Для анализа частоты аллелей качественного признака Харди и Вейнберг сформулировали закон: «Частота генов и генотипов в панмиксической популяции сохраняется постоянной из поколения в поколение, если на неё не действуют внешние факторы (отбор, миграции, мутации, дрейф)». Следовательно, данный закон отражает генетическую структуру популяции лишь на конкретный момент. Фактически же структура популяции непрерывно изменяется, или находится в динамике. Поэтому по формуле Харди – Вейнберга можно определить на данный момент частоты аллелей и генотипов для наследственных аномалий, энзимопатий, групп крови и полиморфных систем, как и прогнозировать вероятность их появления у потомков при скрещиваниях, что немаловажно. Однако при этом равновесное состояние популяции может нарушаться в случаях неодинаковой выживаемости гамет, зигот и неодинаковой плодовитости особей. С этим приходится считаться в вероятностных прогнозах наследственных болезней у потомства.

Отбор (естественный и искусственный) является самым мощным фактором, изменяющим частоты аллелей и генотипов популяции. А вклад отобранных на племя особей в генофонд следующих поколений составляет их селекционную ценность.

Между смежными популяциями регулярно протекают миграции, или потоки генов. Однако завоз и продажу племенных животных регулирует человек. Поэтому влияние миграции на структуру популяции зависит от количества и качества завезенных или проданных из стада животных (или доз замороженной спермы).

Мутации генов приводят к изменению частоты аллелей, у особей популяции постепенно нарастает частота рецессивной аллели в скрытом состоянии. Лишь позже происходит элиминация нежелательных рецессивных гомозигот. Из-за скрытого носительства аллелей вредных мутаций в популяции создается генетический груз, или генетическая отягощенность – вероятность появления наследственных аномалий, болезней, уродств, рождения нежизнеспособного потомства. Совместное действие отбора и мутаций приводит к сохранению известной частоты рецессивной аллели популяции.

Генетический дрейф, или случайные неконтролируемые колебания частоты аллелей, протекает в малых популяциях как стохастический процесс. Иногда он приводит к утере одной из аллелей, и в популяции остается лишь одна аллель и гомозиготные особи. В итоге уменьшается изменчивость, и отбор становится малоэффективным. Дрейф можно смягчить отбором в семействах (линиях), тогда возрастает шанс сохранения у потомков ценных аллелей.

Для полимерных количественных признаков уравнение Харди-Вейнберга неприменимо, так как невозможно распознать действие отдельных генов. Однако действие перечисленных факторов на динамику структуры популяций сохраняется. Генетический анализ касается, прежде всего, аддитивного действия генов на изменчивость признака. Частично выявляют также действие доминантных и эпистатических генов. Известно, что генетическая (селекционная) ценность популяции выражается средним фенотипом (\bar{p}), а изменчивость – дисперсией $\sigma^2_{\bar{p}}$. Дисперсию можно разложить на влияющие факторы: $\sigma^2_{\bar{p}} = \sigma^2_G +$

σ^2E , то есть на генетические (G) и средовые (E) доли. Тогда структуру изменчивости признака выражают отношением генетической дисперсии к фенотипической $\sigma^2G / \sigma^2p = h^2$. Полученный результат h^2 отразит наследуемость признака, или генетически обусловленную долю изменчивости (разнообразие особей) в общей фенотипической (наблюдаемой) изменчивости. Это важнейший параметр в популяционной генетике количественных признаков. Вышеприведенное выражение является лишь математической моделью аддитивной наследуемости. Практическое вычисление коэффициентов наследуемости разных признаков осуществляется рядом общепринятых методов. По корреляции фенотипа матери-дочери; по регрессии фенотипа дочерей на матерей; по регрессии дочери-матери внутри групп потомства производителей.

Коэффициент наследуемости характеризует определенную популяцию, и приложим только к ней в ближайших 2–3 поколениях.

Наследуемость выражается либо в долях единицы от 0 до 1 с двумя знаками после запятой, либо для удобства устного изложения – в процентах.

Величина коэффициента наследуемости непостоянна и колеблется под влиянием факторов (генетическая структура популяции, генетическая природа признака, его изменчивость под влиянием средовых факторов и т.д.).

Коэффициент наследуемости является основой важных селекционных решений, а именно:

- при выборе эффективного метода отбора с наименьшими затратами труда и средств. При высокой наследуемости 0,4 и выше – массовый, или фенотипический, отбор; при низкой наследуемости 0,25 и меньше семейный, или генотипический, отбор, учитывающий фенотип родителей, близких родственников и качество потомства;

- при прогнозировании эффекта селекции в ближайших поколениях;

- при разработке селекционных индексов и программ.

Таблица 5 – Коэффициенты наследуемости основных количественных показателей животных и птицы (обобщенные литературные данные)

Признаки животных и птицы	Средние значения	Пределы колебаний
Величина удоя коров за лактацию	0,2	0,15–0,4
Жирность молока коров	0,58	0,35–0,7
Живая масса молочного скота	0,42	0,27–0,51
Суточный прирост массы	0,24	0,18–0,32
Оплата корма продукцией	0,27	0,18–0,4
Яйценоскость яичных кур	0,12	0,09–0,22
Масса яйца	0,57	0,3–0,81
Откормочные качества свиней	0,28	0,19–0,4
Мясные качества животных	0,39	0,25–0,55

Есть основание заключить, что высокий уровень наследуемости (более 0,4) определяется значительным числом аддитивных генов. Низкий уровень (0,05–0,25) свидетельствуют о значительном влиянии на признак взаимодействий генов (доминирование и эпистаз).

Несмотря на высокую изменчивость коэффициенты наследуемости количественных признаков, общая её направленность и пределы этих изменений позволяют использовать этот показатель для решения вопроса, какие методы селекции могут быть наиболее эффективными для того или иного признака (при высоком h^2 рекомендуется проводить индивидуальную и семейную селекцию и при низком h^2 пользоваться семейной селекцией с оценкой по потомству).

При изучении количественных качеств животных можно заметить, что разнообразие одного признака находится в определенной взаимосвязи с другим свойством (корреляционная зависимость).

Количественная оценка корреляции позволяет прогнозировать изменение одного признака при отборе по другим, изучить причинную связь между свойствами организма, что необходимо для успешной селекционной работы. Особое значение для селекции имеет определение корреляций между признаками у родственников, что позволяет изучить генетические причины связи.

Коэффициенты корреляции могут изменяться от 0 до 1 при положительной (+) или отрицательной (-) направленности. Коэффициенты корреляции ниже 0,5 указывают на слабую связь, выше 0,7 – на высокую (тесную) зависимость и порядка 0,5–0,6 считается средними.

Коэффициент корреляции указывает только лишь на степень связи между признаками, но не свидетельствует то, как количественно меняется величина одного признака по мере изменения другого. В этих целях используется другой метод оценки связи – регрессия, с помощью которой можно установить, как количественно изменяется одна величина при изменении другой на единицу. Регрессию определяют по уровню коэффициента регрессии. В отличие от коэффициента корреляции коэффициент регрессии выражается именованными числами. При этом в любом случае коэффициент регрессии прямо пропорционален величине корреляции.

Фенотипическую корреляцию можно разложить на величину, обусловленную факторами внешней среды, и корреляцию, связанную с генотипом. Для селекционной работы наибольшее значение представляет генотипическая часть, т.е. та, которая характеризует степень наследуемости этой связи. Методы оценки генетической корреляции аналогичны способам изучения коэффициента наследуемости. С помощью коэффициента генетической корреляции оценивают аддитивное наследование и эпистаз.

Таблица 6 – Генетические (r_g) и фенотипические (r_p) корреляции основных признаков молочного скота

Коррелирующие признаки	r_g	r_p
Удой – количество молочного жира	0,75	0,69
Удой – жирность молока	-0,21	-0,13
Содержание жира – содержание белка	0,54	0,46
Удой – молочный тип (баллы экстерьера)	0,15	0,17

В процессе индивидуального развития животных признаки продуктивности подвержены возрастной изменчивости, что отражается определенным образом на интенсивности их селекции. При этом решается такой важный вопрос, как будет во времени, изменяться величина продуктивности с учетом наиболее раннего и ее определения. Для этого определяют обычную корреляцию (так называемый коэффициент повторяемости) между показателями данного признака в течение жизни животных, который характеризует относительный вклад генотипа и среды в изменчивость величины свойства. По существу коэффициент повторяемости, оценивая долю генетической изменчивости в общей возрастной вариации, указывает на верхнюю границу коэффициента наследуемости. Поэтому признаки с высокой степенью наследуемости характеризуются и большей повторяемостью.

Эффективность селекционной работы во многом зависит от того, насколько точно и достоверно селекционер может оценить генетические задатки животных. Определить племенную ценность животного – значит, оценить его генотип, который во взаимодействии со средой формирует фенотипические особенности организма.

Племенная ценность определяется генами, которые передаются своему потомству, причем каждый потомок получает случайный набор отцовских и материнских наследственных задатков.

При оценке особей по собственному фенотипу для племенных целей оставляют тех, у которых по основным селекционируемым признакам наибольшее отклонение в положительную сторону от средней по стаду. Это отклонение всегда обусловлено факторами наследственного и ненаследственного происхождения. Поэтому связь между фенотипом и генотипом животного может быть выражена следующей величиной:

$$x_i = x + q_i + e_i,$$

где x_i – фенотип особи в единицах измерения селекционируемого признака;

x – средняя по стаду и одновременно средняя фенотипическая и средняя генотипическая величина;

q_i – отклонение от средней, обусловленное генотипом;

e_i – отклонение от средней, обусловленное ненаследственными факторами (условия кормления, содержания, возраст и др.).

Однако у определенного числа животных большое фенотипическое отклонение может быть обусловлено высоким значением e_i . При этом q_i может оказаться даже отрицательным или близким к нулю. Тем не менее, это не значит, что отбор по фенотипу не представляет интереса для селекции. Предположим, что отобрано большое число особей с более высоким значением селекционируемого признака, тогда средняя величина его этой группы животных будет выше средней по всему стаду. Нет сомнения, что при вычислении средней по отобраным особям их отклонения e_i , зависящие от ненаследственных факторов, частично взаимно уничтожатся, так как у одних особей они будут положительные, у других отрицательные. Поэтому средняя по отобранной группе отразит генотип лучше, чем показатель каждого животного отдельно. Таким образом, хотя в отобранной группе не всякая особь обладает ценным генотипом, все же с большой вероятностью можно ожидать, что в таком случае процент особей высокой племенной ценности больше, чем по всему стаду.

В животноводстве различают понятия общей и специальной племенной ценности. При этом общая племенная ценность включает эффект аддитивных генов в различных комбинациях. В этом случае можно говорить о среднем аддитивном генотипе. Общая племенная ценность или оценка среднего аддитивного генотипа не зависит от методов подбора животных. Напротив, специальная племенная ценность определяется в основном генетическим эффектом доминирования и эпистаза генов, т.е. взаимодействием между аллелями и локусами. Она зависит от типа подбора животных и определяется комбинационной способностью родительских форм. Специальная племенная ценность находит применение в системе подбора животных разных пород (линий).

В селекции молочного скота наибольшее значение представляет аддитивный эффект генов, представляющий основу племенного отбора. Общая племенная ценность животных определяется на основе выявления наследуемости признака, т.к. эффект отбора зависит от аддитивного действия генов. Поэтому наследуемость в узком смысле имеет прямую связь с племенной ценностью и выражает регрессию генотипа на фенотип особи.

Теоретические основы оценки племенной ценности животных включают статистические модели линейной регрессии, учитывающие аддитивный эффект генов. Генетико-статистическая модель предполагает, что между генотипом и средой отсутствуют статистические взаимодействия и корреляции.

Взаимодействие генотипа x среда отражает нелинейную связь и заключается в том, что генотипы по-разному реагируют на изменяющиеся условия среды. В результате этого племенная ценность животных проявляется неодинаково. Взаимодействие генотип x среда существенно затрудняет селекционную работу, т.к. оценка племенной ценности животных в разных условиях среды меняется.

Источниками информации о племенной ценности пробанда являются: предки, боковые родственники, сам пробанд и его потомки. Чем точнее удастся специалисту их оценить, тем успешнее будет селекция.

Интенсификация использования производителей при искусственном осеменении обязывает селекционеров проверять их по потомству. Такая проверка вызвана рядом причин, в том числе комбинативной изменчивостью, в результате чего родные братья и сестры генетически и фенотипически несходны; недостаточной надежностью отбора по происхождению; ограниченной полем продуктивности, проявляющейся только у женских особей и различной сочетаемостью при подборе животных разных генеалогических групп и др.

Генотип производителя по продуктивности выражается средним фенотипом дочерей. Однако генотип потомков состоит из комплекса генов отца и матери, а их фенотип (продуктивность) зависит от взаимодействия комбинаций генов и условий среды. При значительном числе потомков средняя продуктивность матерей близка или равна популяционной средней. Тогда отклонение продуктивности дочерей от популяционной среды можно считать результатом генетического влияния отца. Отсюда вытекают возможные методы определения племенной ценности, или прогнозируемого генетического потенциала производителя при сравнении среднего фенотипа потомства: со сверстниками других производителей, со средней популяции в том же году, со средней продуктивностью матерей.

Значительное влияние факторов внешней среды на показатели продуктивности требует создания и поддержания оптимальных условий, животных всех групп. Например, только при удоях первотелок 3500 кг молока и выше достигается достаточно объективная оценка быков по потомству.

4.2. Основные этапы определения племенной ценности животных

Племенная ценность особи (пробанда) – определяется качеством генов, которые она может передавать своим потомкам. Согласно теоретическим основам каждый потомок получает случайное сочетание половины родительской наследственности.

Племенной ценности методы определения – определяют по фенотипу предков, родственников по боковой: линии, потомков и пробанда. Для правильной оценки племенной ценности животных необходимо соблюдать следующие условия: репрезентативность оценки фенотипа и одинаковое влияние систематических факторов среды на все особи популяции.

Первое условие означает, что необходимо учитывать либо все имеющиеся оценки, либо случайную выборку. Например, при оценке коров по собственной продуктивности и продуктивности их предков используют данные либо за первую лактацию, либо средние за одинаковое число лактации. По наивысшей лактации лучшую оценку получают коровы более старшего возраста. Такие же требования следует соблюдать и при оценке племенной ценности пробанда по фенотипу потомков.

Второе условие наиболее трудно выполнимо – выравнять условия внешней среды по стадам, годам, сезонам. В молочном скотоводстве на уровень удоя оказывают влияние и продолжительность сервис-периода, возраст животных при первом отеле. В свиноводстве существуют различия между пометами, а в птицеводстве между выводами. Чтобы правильно оценить племенные качества животных, необходимо исключить (элиминировать) влияние факторов среды. Для этого применяют метод сверстников, а также статистические методы коррекции информации.

Племенная ценность пробанда по фенотипу предков – основывается на следующих положениях: 1) коэффициент генетической корреляции между пробандом и одним из его родителей составляет 0,5, то есть пробанд получает половину генов от отца и половину от матери. Соответственно корреляция между пробандом и одним из предков II поколения родословной составит $0,5 \times 0,5 = 0,25$, III поколения $0,5 \times 0,5 \times 0,5 = 0,125$ и т. д.; 2) при высокой степени инбридинга оценку влияния предка на пробанд (генетическая корреляция) вычисляют с учетом их родства; 3) при оценке племенной ценности родителей с большой точностью учет их предков (II поколения и старших) не дает дополнительной информации. Например, быков-производителей оценивают по большому числу дочерей, и поэтому нет необходимости учитывать предков их отцов. В то же время оценка матерей быков имеет невысокую достоверность, поскольку их оценивают всего лишь по нескольким лактациям. Поэтому при оценке племенной ценности матерей быков следует привлекать дополнительную информацию, особенно по их отцам.

Формула для оценки племенной ценности пробанда по родителям (А) имеет следующий вид: $A = 0,5 (A_m + A_o)$, где A_m и A_o — соответственно племенная ценность матери и отца.

Оценка племенной ценности животного по родословной несмотря на её важность в селекции, является предварительной. Это обусловлено большим числом возможных комбинаций родительских генов, возникающих при расщеплении, а также неполной наследуемостью. Если даже коэффициент наследуемости признака равен единице, то и тогда лишь 25% изменчивости признака у потомства определяется каждым родителем, а 50% – за счет новых комбинаций генов, вызванных расщеплением. Корреляция между средней родителей и племенной ценностью одного из потомков составит лишь 0,71. Хозяйственно полезные признаки подвержены модификациям, в связи, с чем генетическое влияние каждого родителя сокращается до $0,25 h^2$. Значение более отдаленных предков уменьшается, а ценность информации о продуктивности предков тем ниже, чем выше величина коэффициента наследуемости признака.

При высокой наследуемости признаков для предварительной оценки племенной ценности пробанда достаточно знать продуктивность его родителей. Но и для признаков с низкой наследуемостью ценность информации о более отдаленных предках будет весьма ограниченной.

Племенная ценность пробанда по фенотипу боковых родственников в свиноводстве и птицеводстве большое значение уделяют оценке племенной ценности животных по фенотипу полных сибсов и полусибсов для призна-

ков с низкой наследуемостью (плодовитость, яйценоскость и др.). В молочном скотоводстве оценка животных по полусибсам имеет важное значение для селекции, особенно по альтернативным признакам (мастит, лейкоз, киста яичников и др.).

Оценка племенной ценности пробанда по фенотипу боковых родственников производится следующим образом.

1. По фенотипу одного полусибса:

$$0,25h^2 (X - \bar{X}).$$

2. По фенотипу всех полусибсов:

$$\frac{n(0.25h^2)}{1 + (n-1)0.25h^2} (X - \bar{X})$$

3. По фенотипу одного полного сибса:

$$0.5h^2 (X - \bar{X}).$$

4. По фенотипу всех полных сибсов:

$$\frac{n0.5h^2}{1 + (n-1)0.5h^2} (X - \bar{X})$$

При оценке животных по родословной не исключено несовпадение по величине показателей, характеризующих качество родителей и их потомства. Об этом можно судить по невысоким коэффициентом корреляции.

Таблица 7 – Коэффициенты корреляции яичной продуктивности птицы

Линия	Яйценоскость матерей и дочерей петуха		Яйценоскость сестер и дочерей петуха		Яйценоскость дочерей за 300 и 500 дней жизни	
	r	tr	r	tr	r	tr
М-1	+0,003	0,7	-0,04	0,61	+0,84	46,6
М-2	+0,05	0,74	+0,003	0,04	+0,53	20,7
М-3	+0,06	1,2	+0,21	3,8	+0,64	18,8

Однако и при этих ограничениях продуктивность ближайших предков даст возможность оценить предварительно племенную ценность животных в раннем возрасте и даже до его рождения.

Особенно эффективен данный метод определения племенной ценности животного для признаков с низкой наследуемостью и ограниченных полом. Точность его возрастает с увеличением числа полусестер. Оценка племенной ценности пробанда по продуктивности 30 полусестер при коэффициенте наследуемости 0,1 точнее, чем оценка фенотипа матери. При коэффициенте наследуемости, равном 0,3 или ниже, оценка по 5 полусестрам не отличается от оценки собственного фенотипа пробанда.

Оценка среднего показателя признака у полусестер приобретает особое значение для признаков с альтернативной изменчивостью, как, например, наследственной предрасположенности к заболеваниям. Если болезнь чаще встречается у дочерей определенного быка, то считается, что низкая устойчивость животного к болезни наследственно обусловлена.

Оценка племенной ценности пробанда по продуктивности предков и полусибсов (комбинированная оценка) в селекции молочного скота весьма существенна, т. к. она является единственной информацией о генотипе животного до проявления его собственной продуктивности. Однако точность племенной оценки животного на основе этих источников генетической информации ненадежна и оценка генотипа рассматривается как предварительная.

Оценка племенной ценности на основе собственной продуктивности (фенотипа) возможна лишь для признаков, которые выражены у самого пробанда. В молочном скотоводстве оценка по собственной продуктивности является часто единственным и относительно надежным источником информации для выявления племенной ценности коров. Особое значение эта оценка имеет не только для определения потенциальных возможностей самой коровы, но и при отборе коров, предназначенных для получения племенных быков (матери быков). При массовом отборе наследуемость признака служит мерой надежности, с которой по фенотипу можно оценить генотип пробанда. Надежность или точность оценки фенотипа животного выявляется корреляцией между истинной и оцененной племенной ценностью. Такая корреляция между генотипической и фенотипической ценностью r_{GP} определяется коэффициентом наследуемости, извлеченным из квадратного корня, т. е. $r_{GP} = \sqrt{h^2}$. При приближении коэффициента наследуемости к нулю массовый отбор теряет свое значение, и для повышения точности оценки племенной ценности необходимо учитывать продуктивность родственников, в первую очередь потомков. При приближении коэффициента наследуемости к единице надежность и точность оценки племенной ценности животного повышаются, и массовый отбор становится эффективным.

Племенная ценность животного по фенотипу определяется генетически обусловленной разницей между собственной продуктивностью пробанда и продуктивностью сравниваемых животных.

В этом случае коэффициент регрессии племенной ценности на фенотип пробанда соответствует коэффициенту наследуемости.

Племенную ценность животного можно оценить по формуле $ПЦ = h (X_x - \overline{X_c})$, где X_x — фенотип (продуктивность) пробанда, $\overline{X_c}$ — средняя продуктивность сверстниц. Например, если удой отобранной первотелки составляет 5000 кг молока, а средняя продуктивность сверстниц — 4000 кг при наследуемости 0,2, то племенная ценность этой коровы составит $ПЦ = 0,2 (5000 - 4000) = 200$ кг молока.

При оценке племенной ценности животных по собственному фенотипу необходимо учитывать влияние разного рода ненаследственных факторов, которые модифицируют проявление признака.

Качество потомства наиболее точно характеризует племенную ценность животных. Оценка по потомству наибольшее значение имеет для признаков с относительно низкой наследуемостью, а также для признаков, проявляющихся только у одного пола.

В селекционных программах наибольшее значение уделяют оценке производителей по качеству потомства. Племенную ценность, например, быков-производителей определяют по формуле:

$$A = 2b (D - C_b),$$

где b — регрессия племенной ценности быка на фенотип его дочерей; D — продуктивность дочерей; C_b — продуктивность сверстниц.

$$b = \frac{0.25h^2 П}{1 + (П - 1)0,25h^2},$$

где h^2 — коэффициент наследуемости признака; n — число дочерей производителя.

Значение b умножают на коэффициент 2, поскольку предполагается, что племенная ценность потомков занимает промежуточное положение между племенной ценностью родителей, то есть аддитивное наследование признака. При оценке хряков по потомству регрессия их племенной ценности на фенотип дочерей модифицируется следующим образом:

$$b = \frac{mП0.25h^2}{1 + 0.25h^2 П(m + 1)0,5h^2},$$

где m — число потомственных групп (пометов от различных матерей); n — число поросят в помете.

Объясняется это тем, что генетическая корреляция между однопометными поросятами составляет 0,5, а между поросятами, полученными от разных свиноматок, — 0,25.

Племенная ценность пробанда по комплексу источников информации является наиболее эффективной. Например, в молочном скотоводстве индекс племенной ценности коров можно определить по формуле:

$$J_A = K_1(X_1 - \overline{X_2})K_2(X_2 - \overline{X_2}) + K_3(X_3 - \overline{X_3}),$$

где X_1, X_2, X_3 – продуктивность соответственно матерей, дочерей, отцов (полусестер) и самих коров; $\overline{X_1}, \overline{X_2}, \overline{X_3}$ – продуктивность соответственно сверстниц, матерей, дочерей отца и коровы; K_1, K_2, K_3 – весовые коэффициенты соответствующих источников информации.

4.3. Методы оценки животных по качеству потомства и племенная препотентность производителей

Оценка племенной ценности пробанда на основе продуктивности потомков в животноводстве и птицеводстве имеет особое значение в виду низкой наследуемости селекционируемых признаков.

Поскольку племенная ценность животного, его генетическая потенция проявляются в показателях продуктивности потомков, то оценка качества потомства – последнее и основное звено в селекционной работе.

Оценка племенной ценности пробанда по продуктивности потомков отличается от оценки по родословной высокой точностью и надежностью. При оценке племенной ценности, на основе продуктивности потомков исходят из того, что потомок половину наследственных задатков получил от отца, половину – от матери. При большом числе потомков отца средняя продуктивность матерей равна популяционной средней, и отклонение продуктивности потомков от сверстниц по стаду вызвано влиянием генотипа отца.

Оценка методом мать – дочь. Метод этот основан на том, что производители в большей или меньшей степени оказывают влияние на развитие всех признаков у своего потомства, даже таких, которые у них самих не проявляются (молочная, яичная продуктивность и др.). При этом наибольший эффект оценки получают в тех случаях, когда сравниваемые потомки и матери находились примерно в одинаковых и оптимальных условиях кормления и содержания.

Оценку методом мать – дочь можно провести двумя способами – графически и статистически. Графический метод оценки позволяет определить производителя как явного ухудшателя или улучшателя потомства по сравнению с матерями, а также выявить размах изменчивости признака по родительскому поголовью и потомству. Эта оценка приближенная и проводят ее сравнением дочерей производителя с их матерями без вычислений по стандартной корреляционной решетке. Данные о продуктивности заносят в решетку обычным способом: по горизонтали – показатель продуктивности матери, а по вертикали – показатель дочери и на пересечении этих двух столбцов ставят частоты.

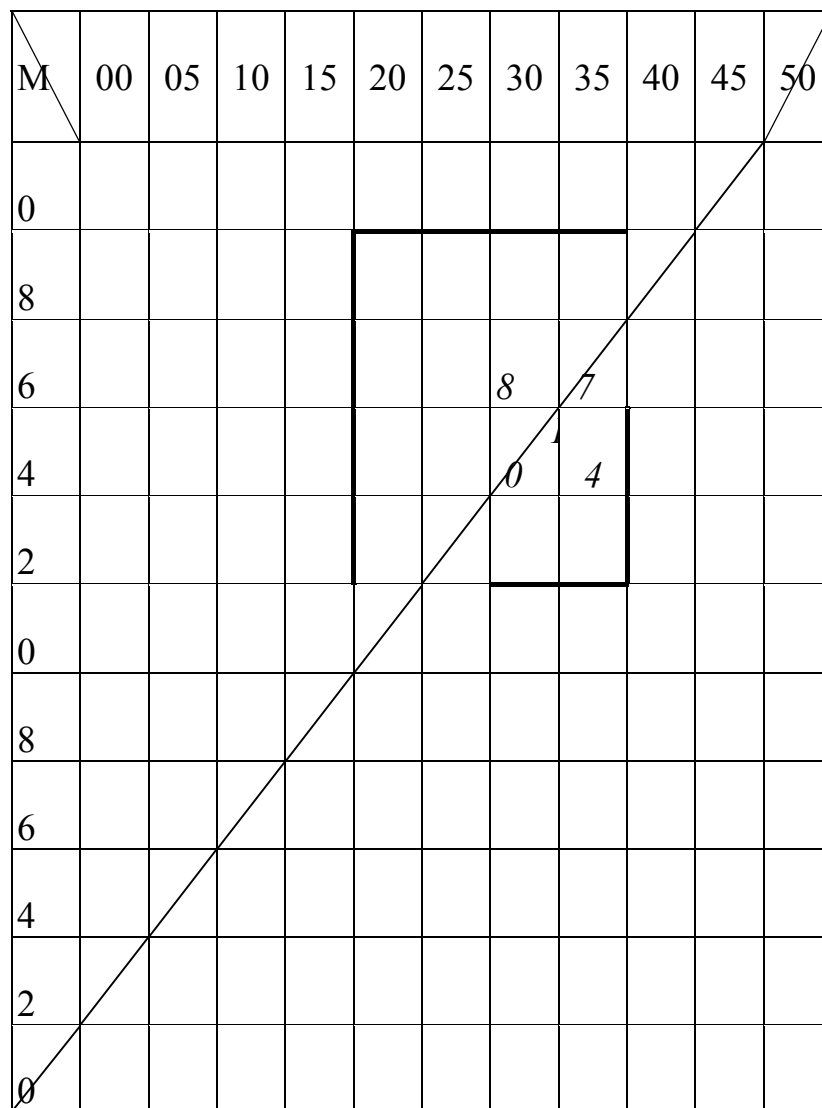


Рис. 3. Стандартная решетка для графической оценки производителей методом матери-дочери

При исследовании решетки возможны следующие варианты:

- большая часть частот решетки располагается выше диагонали равенства. Это значит, что значительная часть потомков лучше своих матерей по данному признаку, а значит, производитель улучшает среднее качество дочерей по сравнению со средним качеством матерей и является улучшателем на данном поголовье самок;

- частоты располагаются примерно одинаково по обе стороны диагонали равенства, и она разделяет прямоугольник на две равные части. В данном случае производитель является нейтральным, так как он не изменяет среднее качество своих потомков относительно качества их матерей;

- большая часть решетки находится ниже диагонали равенства, следовательно, большинство потомков производителя хуже своих матерей. Такой производитель ухудшает среднее качество потомства и на данном поголовье самок является ухудшателем.

Использование графического метода оценки представляет определенный интерес для практики племенного дела, так как позволяет получить общие сведения о племенной ценности производителей. Однако для получения индивидуальных оценок с достаточной достоверностью возникает необходимость в применении статистических методов, которые позволяют рассчитать степень влияния отца на потомство (индекс производителя), а также коэффициент регрессии, среднюю по признаку матерей и дочерей, разность между этими средними. Индекс производителя определяют на основании сопоставления средних значений признака у дочерей и матерей – $2Д - М$.

В основу индекса производителя положено предположение, что продуктивность потомства (в сравнимых единицах) равна примерно промежуточному (среднему) значению между продуктивностью отца и матери:

$$Д = \frac{О + М}{2}$$

Если преобразовать формулу, то получим $2Д = О + М$, откуда $О = 2Д - М$. Так, если средняя яйценоскость дочерей производителя $Д = 240$ яиц, а матерей $М = 230$ яиц, тогда индекс производителя $И_{п} = 2 \cdot 240 - 230 = 250$ яиц. Если такого производителя спаривать с самками с яйценоскостью 230 яиц, то в среднем у дочерей можно ожидать яйценоскость

$$\overline{X}_{д} = \frac{250 + 230}{2} = 240 \text{ яиц}$$

Преимущество индекса производителя заключается в том, что в этом показателе в большей или меньшей степени сглажено влияние на оценку высокого или низкого уровня развития признака у матерей. Так, от спаривания производителя x_1 с матерями, яйценоскость которых $М_1 = 260$ яиц, получены дочери с яйценоскостью $Д_1 = 250$ яиц, а от спаривания производителя x_2 с матерями с яйценоскостью $М_2 = 220$ яиц, получены дочери с яйценоскостью $Д_2 = 230$ яиц. По приведенным данным второй производитель повысил качество дочерей ($Д - М$) в среднем на 10 яиц, и по обычной оценке он оказался улучшателем, а первый – ухудшателем.

При оценке племенной ценности производителя методом дочери – сверстницы сравнивают среднюю продуктивность потомства оцениваемого производителя со средней продуктивностью сверстниц данного стада. Мерой оценки при таком сравнении служит разность средних $d = x_{д} - x_{с}$. Она указывает, насколько дочери оцениваемого производителя превосходят по продуктивности своих сверстниц или насколько уступают им. Основным критерий показателя оценки – достоверность разности между этими средними.

Оценка производителей по качеству потомства на учете относительных показателей селекционируемых признаков. Это так называемая оценка самцов по величине пробита, которая позволяет более точно определить их генетическую ценность, (особое значение имеет в птицеводстве).

При оценке петухов яичных линий на испытание выставляется не менее 70-100 дочерей, а при оценке кур – 5-7. Такое количество потомков можно получить при сборе и инкубации яиц в течение 45-50 дней, при этом разница в возрасте дочерей петухов и кур составит 3-4 недели. Условия выращивания и содержания дочерей разных партий вывода могут быть различными, что отразится в определенной мере на их дальнейшей продуктивности.

При разработке использовании селекционно-генетических приёмов получения высокопродуктивных популяций животных важное значение занимают методы, позволяющие выявлять наиболее ценных в племенном отношении производителей. Один из показателей их племенной ценности – препотентность, т.е. способность самцов влиять на развитие своего потомства в строго определенном направлении.

С генетической точки зрения, препотентность производителей может быть обусловлена следующими предпосылками:

- определенным соотношением у них доминантных и рецессивных генов, а также гомозиготности и гетерозиготности по важнейшим из таких наследственных задатков;

- наличием или отсутствием наследственно обусловленной комбинационной способности, которая зависит от аддитивного эффекта генов при всевозможных комбинациях (общая комбинационная способность) или определяется отклонениями от аддитивного отклонениями от аддитивного эффекта генов, обусловленными доминированием и взаимодействием генов (специфическая комбинационная способность).

Показателем комбинационной способности служит продуктивность потомства, а показателем препотентности – способность производителей в большей или меньшей степени передавать ценные качества по наследству. Для оценки производителей у их препотентности существует несколько методов. Однако в основе своей многие из них имеют те или иные недостатки. Поэтому они не могут быть непосредственно рекомендованы для использования в племенном животноводстве.

Вследствие этого использование в селекционной практике таких методов не способствует получению дополнительного эффекта, поскольку они не учитывают генетические особенности популяции и другие условия. Кроме этого, абсолютные или относительные показатели превышение продуктивности дочерей производителей над продуктивностью матерей, полученные с помощью индексов, мало, что дают нового в сравнении с обычной арифметической разницей дочери – матери, а использование метода 2Д – М для определения индекса препотентности предусматривает одинаковую долю наследуемости со стороны отца и матери, что не всегда подтверждается селекционной практикой.

Некоторые методы определения препотентности характеризуют производителя с кокой-то лишь одной стороны. Так, методы изучения препотентности с помощью коэффициента изменчивости показателей продуктивности дочерей характеризуют однородность потомства самца в сравнении с другим, но не в сравнении с матерями, что восполняет индекс, полученный методом, в основе которого лежит отношение лимитов изменчивости продуктивности матерей к

лимиту изменчивости продуктивности дочерей ($\frac{\lim M}{\lim D}$).

При этом предполагается, что чем больше величина этого отношения, тем более препотентный производитель.

Препотентность, определенная величиной корреляции дочери-матери, по своей идее более близка к характеристике препотентности производителя, но практически коэффициенты корреляции дочь-мать в потомстве отдельных самцов изменяются от положительной до отрицательной величины в зависимости от ряда факторов. Степень влияния на корреляционное отношение дочь-мать условий внешней среды в значительной мере зависит и от природы признака. Предполагается, что чем выше коэффициент корреляции дочери-матери, тем ниже препотентность производителя, и, наоборот, чем ниже корреляция дочери-матери, тем она выше.

Считается, что для определения препотентности производителей наибольшее предпочтение следует отдать метом корреляции мать-дочь и коэффициенту изменчивости. Первый дает возможность установить степень влияния производителя на наследуемость признаков, а второй – однородность потомства по селекционируемому показателю. Использование этих методов упрощается тем, что коэффициенты изменчивости и корреляции можно получить всегда при обработке данных племенного учета.

В этой связи определенный интерес представляет изучение фенотипических и генотипических корреляций между продуктивностью в потомстве дочерей отдельных производителей. Так, по генетической корреляции можно выявить влияние производителя на наследуемость связи признаков его дочерей. При этом, чем выше препотентность производителей, тем сильнее их влияние на качество потомства и лучше сочетаемость родительских пар, и, наоборот, при высокой положительной корреляции дочь-мать и незначительном превосходстве по продуктивности дочерей над матерями или отсутствии его препотентность производителей низка (в этом случае на развитие потомства преимущественное влияние оказывает материнский организм).

ГЛАВА 5. ОТБОР И ПОДБОР В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

5.1. Основные формы и методы отбора. Параметры отбора

Под отбором в классическом смысле понимается полное или частичное устранение какой-либо группы особей от размножения, то есть от образования следующего поколения. Иногда его заменяют более узким термином селекция. В этом случае под селекцией понимают отбор лучших мужских и женских особей для воспроизводства.

Селекционера больше всего интересует, насколько превосходство родителей наследуется потомками. Это касается количественных признаков, имеющих первостепенное значение, для искусственного отбора. Естественный отбор всегда действует в интересах сохранения вида. Например, под влиянием естественного отбора элиминируются бесплодные и больные животные. Основа как естественного, так и искусственного отбора сходна, но между ними имеется существенное различие.

Естественный отбор – выживание наиболее приспособленных форм. Искусственный отбор направлен на получение более ценных в хозяйственном отношении животных. В селекции при проведении искусственного отбора необходимо считаться с проявлением естественного отбора, особенно в условиях среды, отличающихся от оптимальных.

Отбор проявляет свое действие в трех главных формах. К ним относят движущий (направленный), стабилизирующий (центростремительный) и дизруптивный (разрывающий) отбор.



Рис. 4. Основные формы отбора:

а — стабилизирующий, б — движущий, в — дизруптивный

Движущий (направленный) отбор смещает в определенном направлении популяционное среднее значение признака или, точнее, наследственную норму реакции, определяющую это среднее значение. Потомство, как и родители, распределяется по нормальной кривой Гаусса, но его средняя будет сдвинута несколько вправо по сравнению со средней популяционной родителей. Такой сдвиг будет все более нарастать в последующих поколениях отбора. В селекции эта форма отбора является доминирующей, т. к. селекционер стремится к улучшению того или иного хозяйственно-полезного признака животных.

При стабилизирующем отборе устраняются крайние плюс- и минус- варианты, что приводит к стабилизации показателя. В этом случае среднее значение признака в популяции существенно не изменяется. Стабилизирующий отбор поддерживает сложившуюся в популяции наследственную норму реакции, со-

ответствующую условиям среды. В отличие от движущего отбора он представляет собой консервативный тип отбора. В молочном скотоводстве стабилизирующий отбор применяют в тех случаях, когда необходимо выравнить популяцию по какому-либо признаку. Например, отбор по форме и свойствам вымени коров с целью эффективного внедрения машинного доения. Данную форму отбора применяют для создания нужного типа телосложения животных.

При дизруптивном (разрывающем) отборе преимуществом обладают особи с крайними плюс - и минус- вариантами, а средние элиминируются. В этом случае скрещивают плюс - варианты с плюс - вариантами и минус - варианты с минус- вариантами. Дизруптивный отбор приводит к дивергенции популяции, расчленению ее на две резко различающиеся части. Отсюда и его название - разрывающий отбор. Данный отбор находит применение в экспериментах с лабораторными животными для оценки генетических параметров.

Сущность селекции животных, по каким бы признакам она не велась, заключается в отборе более продуктивных животных. Разница между средней признака исходных животных и средним показателем данного признака отобранных особей для получения следующей генерации называется селекционным дифференциалом (SD). Он представляет собой фенотипическое превосходство селекционируемых животных над средней популяции. Если популяционную среднюю родительской генерации обозначить \bar{X} , а среднюю отобранных животных X_p , то селекционный дифференциал $= \bar{X}_p - \bar{X}$.

Селекционный дифференциал лимитируют биологические и др. факторы, среди которых важное место занимает уровень продуктивности и воспроизводства стада.

Параметры отбора можно определить, исходя из закономерностей нормального распределения (рис. 5).

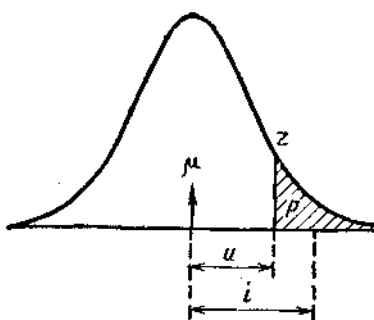


Рис. 5. Графическое изображение интенсивности отбора

Для понимания основ проведения отбора следует учитывать следующие параметры:

- доля отобранных животных (заштрихованная часть площади нормальной кривой, ограниченная ординатой z , отсекающей уровень признака отобранных животных);
- u - отклонение от M абсциссы в точке ординаты отсека отобранных животных, выраженное в долях;

– i - интенсивность отбора (селекции) или селекционный дифференциал, выраженный в единицах стандартного отклонения.

Селекционный дифференциал равен $SD = i * \sigma$.

Указанные показатели интенсивности отбора можно определить по доле отобранных животных (таблица 8).

Таблица 8 – Определение показателей интенсивности отбора по доле отобранных животных

p	u	z	i	p	u	z	i
0,1	1,28	0,18	1,76	0,6	-0,25	0,39	0,64
0,2	0,84	0,28	1,40	0,7	-0,52	0,35	0,50
0,3	0,52	0,35	1,16	0,8	-0,84	0,28	0,35
0,4	0,25	0,39	0,97	0,9	-1,28	0,18	0,19
0,5	0	0,40	0,80	1,0	-	-	-

Пользуясь указанными нормативами отбора можно определить интенсивность и эффективность селекции в стаде. Например, средняя молочная продуктивность коров по первому отелу в стаде равна 3000 кг молока, стандартное отклонение 500 кг молока, а для ремонта нужно оставить 80 % лучших по продуктивности животных. Селекционная граница (минимальный вариант продуктивности отобранных коров) рассчитывается по формуле $МП = \bar{X} + U\delta = 3000 - 0.84 * 500 = 5580$ кг молока. Сверстниц с удоем 2580 кг молока и выше оставляют на племя, а с более низкой продуктивностью – выбраковывают. Средняя молочная продуктивность отобранных особей определяется по формуле $\bar{X}_p = \bar{X} + i\delta = 3000 + 0.35 * 500 = 3175$ кг молока. Отсюда селекционный дифференциал $SD = 3175 - 3000 = 175$ кг молока. Таким образом, отобранные животные превосходят по удою коров исходной популяции на 175 кг молока (5,8 %). Если в данном стаде отобрано для искусственного осеменения коров 0,5 % быков при интенсивности селекции 2,7, то их селекционный дифференциал составит $SD = i\delta = 2,7 * 500 = 1350$ кг.

Следует иметь в виду, что низкая доля отбора (ремонта стада) увеличивает его интенсивность и, следовательно, селекционный дифференциал, а высокая доля отбора, наоборот, снижает эти параметры селекции. В то же время селекционный дифференциал прямо пропорционален уровню селекционной границы. Следовательно, чем выше уровень селекционной границы, тем выше селекционный дифференциал. Эта закономерность особенно проявляется в высокопродуктивных племенных стадах. Эффективность отбора или селекции (SE) общей форме определяется селекционным дифференциалом и наследуемостью признака, т. е. $SE = SD * h^2$.

В связи с тем, что в животноводстве интенсивность селекции и селекционный дифференциал резко отличаются в разных половых группах, необходимо рассчитывать средний селекционный дифференциал по стаду. В этом случае

можно использовать формулу:

$$\overline{SD} = (SD_C + SD_M) / 2,$$

где - SD_C — селекционный дифференциал признака самцов;
- SD_M — селекционный дифференциал по маткам.

В нашем примере $SD = (1350+175) : 2 = 762$ кг молока.

Улучшение признака в следующем поколении достигается лишь тогда, когда его превосходство у отобранных для разведения животных (селекционный дифференциал) передается по наследству. Коэффициент наследуемости указывает на степень наследственной передачи этого превосходства.

Если принять наследуемость удоя равной 0,2, то эффект отбора составит $SE = 762 * 0,2 = 152$ кг молока. Следовательно, сдвиг средней молочной продуктивности исходного стада за одно поколение, как результат селекции, произошел с 3000 кг до 3152 кг молока на корову.

Для определения среднегодового эффекта селекции необходимо знать интервал между поколениями (L) или промежутки времени между рождением родителей и потомков. У молочного скота интервал между рождением матери и потомка несколько больше, чем между рождением отца и потомка. В среднем он составляет 5,3 года (по отцам – 4,6, по матерям – 6,0 лет). Эффект отбора можно повысить за счет сокращения интервала между поколениями, который определяется в основном двумя факторами: возрастом животных в начале использования и продолжительностью племенного использования особей. Эти факторы зависят от возраста животных при первом эффективном спаривании, времени оценки продуктивности, количества потомков и т.д.

Такой селекционный эффект может проявиться в популяции, если точность оценки племенной ценности животных достаточно высока, а условия кормления и содержания существенно не меняются.

Под точностью оценки племенной ценности понимается корреляция между фенотипической продуктивностью оцененных животных и их истинной племенной ценностью. Этот показатель служит мерой надежности оценки племенной ценности. Следовательно, эффективность отбора повышается с улучшением точности оценки племенной ценности.

Генетическое стандартное отклонение характеризует наследственно обусловленную разницу между животными и указывает на возможность проведения эффективной селекции. Чем выше генетическое стандартное отклонение, тем выше и эффект отбора. Продолжительная селекция в одном направлении может привести к уменьшению генетической изменчивости и к так называемому селекционному плато, при котором дальнейший эффект отбора не происходит. Напротив, в селекции животных вводное скрещивание является эффективным средством увеличить генетическую изменчивость и повысить эффект отбора.

При существующей генетической изменчивости признака в популяции эффективность отбора будет определяться интенсивностью отбора и точностью оценки племенной ценности быков. Этот принцип особенно важен для селек-

ции быков. Для повышения интенсивности селекции нужно оценивать как можно больше молодых быков и среди них отбирать лучших. Но в этом случае уменьшается число дочерей на быка и ухудшается оценка племенной ценности. В связи с этим разработаны методы, позволяющие оптимизировать максимальную точность оценки племенной ценности быков и максимальную интенсивность селекции. В большинстве случаев принят оптимальный размер групп потомков 20 – 30 дочерей.

Развитие генетики привело к уточнению принципов отбора в животноводстве. Сущность определения генетического прогресса в популяции заключается в следующем. В популяции гены от родителей к потомкам передаются следующими путями: от отца к сыну (ОБ), от матери к сыну (МБ), от отца к дочери (ОК) и от матери к дочери (МК).

Бычки (Б_і) и телочки (К_і) поколения *i* являются потенциальными родителями следующего (*i*+1) поколения. В результате отбора часть этих животных будет фактическими родителями следующего поколения. Остальная часть животных выбраковывается и в разведении не участвует. Оцененных быков с высокой племенной ценностью используют в качестве отцов быков (ОБ) для получения бычков. Остальные быки рассматриваются как отцы коров (ОК). Среди коров отбираются в небольшом количестве матери быков (МБ) для получения племенных быков высокого класса. Основное поголовье коров образует обширную группу матерей коров (МК), предназначенную для получения коров.

Новое поколение племенных животных образуется на основе целевого осеменения спермой отцов быков матерей быков для получения бычков и матерей коров для получения бычков (Б_і +1). Сперма отцов быков используется также для осеменения матерей коров. Установлено, что в закрытой популяции генетический прогресс определяется на 40 – 50 % за счет отбора быков, на 20 – 30 % – за счет матерей быков, 20 – 30 % – за счет отцов коров и 5 – 10 % – за счет матерей коров (рис. 6),

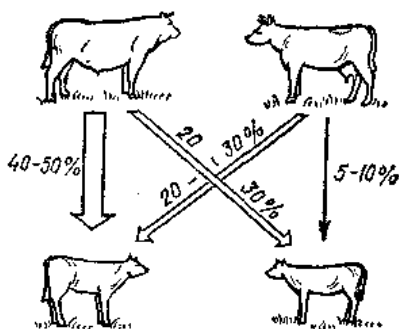


Рис. 6. Оптимальный генетический вклад родителей в потомственную генерацию

Сумма эффекта селекции каждой племенной категории животных, деленная на сумму интервалов между поколениями, определяет эффект отбора в популяции в расчете на год:

$$SE_t = \frac{SE_{об} + SE_{ок} + SE_{мб} + SE_{мк}}{t_{об} + t_{ок} + t_{мб} + t_{мк}},$$

При стабилизирующем отборе, как указывалось ранее, животные с высокими или низкими значениями признака из разведения исключаются. Схематично процесс стабилизирующего отбора показан на рисунке 7, где приведено распределение коров по высоте в холке.

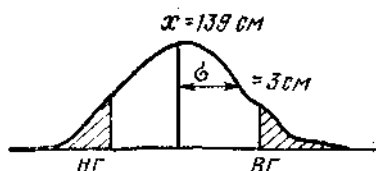


Рис. 7. Схема стабилизирующего отбора

Средняя высота в холке составила 139 см при среднем квадратическом отклонении ± 3 см. Для выровненное™ коров по высоте в холке (типизации стада по этому признаку) коров с низким и высоким значением высоты в холке выранжировывают из стада. Допустим, что интенсивность отбора по этому признаку составляет 0,8 (80 %). В этом случае из разведения исключают 10 % коров с низким и 10 % с высоким значением признака. Определить низшую (НГ) и высшую (ВГ) границу отбора можно, используя таблицу 9.

Таблица 9 - Определение низшей и высшей границ признака при стабилизирующем отборе

Интенсивность отбора p , %	Низшая и высшая границы отбора, σ	Интенсивность браковки 100 p , %	Интенсивность отбора p , %	Низшая и высшая границы отбора, σ	Интенсивность браковки 100 p , %
95	$\pm 1,96$	5	50	$\pm 0,68$	50
90	$\pm 1,65$	10	40	$\pm 0,52$	60
85	$\pm 1,44$	15	30	$\pm 0,39$	76
80	$\pm 1,28$	20	25	$\pm 0,32$	75
75	$\pm 1,15$	25	20	$\pm 0,25$	80
70	$\pm 1,04$	30	15	$\pm 0,19$	85
65	$\pm 1,00$	35	10	$\pm 0,13$	90
60	$\pm 0,84$	40	5	$\pm 0,06$	95

Если проводить стабилизирующий отбор коров по высоте в холке по параметрам, указанным в данном примере, то нижнюю и верхнюю границы призна-

ка можно легко определить по таблице 9 следующим образом. При интенсивности отбора $p = 80\%$ минимальная и максимальная границы $\bar{X} + 1.28\delta$, или $139 \pm 1,28 \cdot 3 = 139 \pm 3,84$. Нижняя граница отбора коров по высоте в холке составит $НГ = 139 - 3,84 = 135$ см, высшая — $ВГ = 139 + 3,84 = 143$ см. Коровы с высотой в холке ниже 135 см и выше 143 см выранжировываются из стада. Проводя стабилизирующий отбор, можно, таким образом, эффективно внедрять селекционную работу по типизации стада по определенным признакам.

В практике селекционер не ограничивается отбором животных только по одному, хотя и хозяйственно важному признаку. Особь как единица отбора является носителем многих признаков. При направленном отборе, являющимся основным и наиболее важным в селекции животных и птицы, учитываются различные хозяйственно важные признаки. Разработаны три метода отбора по нескольким признакам: последовательный (тандемный) отбор, метод независимых уровней отбора, отбор по зависимым уровням или селекционному индексу.

При последовательном отборе показатели улучшаются, последовательно, один за другим. Если достигнут желаемый уровень одного признака, начинают вести отбор по другому качеству, и так далее, пока не будут улучшены все селекционируемые свойства. При улучшении отдельных признаков отбор может быть эффективным. Однако он требует много времени, а при наличии отрицательных генетических корреляций между селекционируемыми качествами может быть их ухудшение. Например, повышение молочной продуктивности коров без учета жирномолочности автоматически приведет к снижению этого признака.

При отборе по независимым уровням для каждого признака определяют нижнюю или минимальную селекционную границу. Животных, не соответствующих установленному минимальному уровню признака, выбраковывают.

Метод независимых уровней отбора наиболее широко распространен в селекции молочного скота. Ниже приводится пример использования метода независимых уровней отбора.

В племенном заводе нужно провести отбор 60 % коров по жирно - и белкомолочности. Основные параметры этих признаков указаны в таблице. 10.

Таблица 10 - Основные параметры признаков

Параметры	Жирномолочность, %	Белкомолочность, %
Средняя по стаду	4,0	3,6
Стандартное отклонение	0,30	0,25

Схематически метод отбора по независимым границам представлен на рисунке 8.

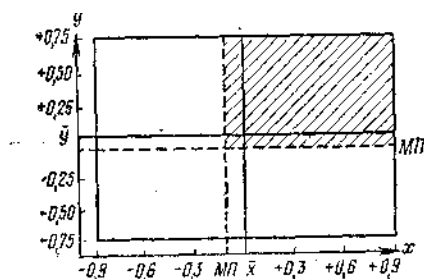


Рис. 8 - Отбор по независимым уровням

Селекционной (нижней) границей отбора для процента жира будет $МП = \mu + U_x \sigma = \mu - 0,25 \times 0,3 = 3,93$ и для содержания белка в молоке – $МП = 3,6 - 0,25 \times 0,25 = 3,54$. Следовательно, коровы с жирномолочностью ниже 3,93 % и белкомолочностью менее 3,54 % из племенного разведения исключаются.

В процессе отбора по независимым уровням с увеличением числа признаков существенно снижается интенсивность отбора по каждому из них. Но если признаки являются равными по их значимости, имеют примерно одинаковую изменчивость и наследуемость, то этот метод селекции будет эффективнее, чем способ последовательного отбора.

Эффективность отбора по независимым уровням повышается при положительной корреляции между признаками и снижается при их отрицательной взаимосвязи.

Третий метод отбора – отбор по зависимым уровням или селекционному индексу (по суммарной оценке). Простым примером этого метода является отбор животных по сумме баллов. В зависимости от важности признаков число баллов, за которые оценивают признак, умножают на соответствующий коэффициент. Однако эффективность балльной оценки невысока, т. к. при ней не учитываются важнейшие селекционно-генетические параметры. В связи с этим разработан более точный и эффективный метод отбора по нескольким признакам (отбор по селекционному индексу), куда входят такие значения признаков, как их наследуемость, фенотипические и генетические корреляции. В отличие от других методов отбора селекционный индекс учитывает все достоинства и недостатки животного. При этом недостаточное развитие одного признака может компенсироваться высоким уровнем развития другого. Например, если для записи коров в племенную книгу установлены минимальные требования 4000 кг молока и 4,0 % жира, то корова с удоем 5500 кг молока и 3,9 % жира в книгу не попадет. А на основе селекционного индекса при отборе по молочному жиру, включающему показатели удоя и жирномолочности, такая корова намного превзойдет минимальные требования (216 кг молочного жира при требовании 160 кг).

В простой форме селекционный индекс вычисляется по формуле:

$$I = h^2_x(x - \bar{x}) + h^2_y(y - \bar{y}),$$

где x и y – средние показатели признаков по стаду, \bar{x} и \bar{y} – признаки оцениваемого, животного.

Таблица 10 – Зависимость метода отбора от величины наследуемости признака

Коэффициент наследуемости	Признак	Метод отбора
Низкий (менее 0,20)	Воспроизводительные качества: оплодотворенность яиц, выводимость, сохранность, яйценоскость	На основании оценки по фенотипу: фенотипическим показателям раз вития признаков у особей, родителей, сибсов (полных братьев и сестер), полусибсов (<i>полубратьев и полусестер</i>) и потомства
Средний (0,21-0,40)	Живая масса молодняка перед убоем, ширина груди, половая зрелость, Цикл яйценоскости, толщина скорлупы.	На основании оценки по фенотипу (собственной продуктивности) или на основе оценки по генотипу (по показателям родителей, боковых родственников и потомства)
Высокий (0,41 и выше)	Живая масса взрослой птицы, масса яиц, масса печени у гусей, живая масса утят в суточном возрасте, масса тушки утят	На основании оценки по фенотипу особи (ее собственной продуктивности)

Отбор по фенотипу (массовый) – отбор особей по собственным показателям продуктивности без проверки их генотипа. Массовый отбор осуществляется по определенным стандартам для комплекса селекционируемых признаков. Поскольку фенотип – проявление нормы реакции генотипа и в большой степени обусловлен влиянием многочисленных систематических и случайных факторов среды, то массовый отбор оказывает слабое влияние на генетическое улучшение животных. Он может быть эффективным только по признакам с высокой степенью наследуемости признаков (окраска шерстного покрова, некоторые размеры тела).

Отбор по генотипу (индивидуальный) – отбор особей на основе индивидуальной оценки их генотипа. Генотип животных по хозяйственно полезным признакам определяют на основании оценки племенной ценности потомства, предков и боковых родственников (сибсы и полу-сибсы). Индивидуальный отбор в животноводстве может быть двух видов: направленный, когда для дальнейшего

размножения отбирают животных, имеющих только лучшее (плюс вариант) или только худшее (минус вариант) развитие признака, и стабилизирующий, когда из размножении исключают лучших и худших особей. По большинству хозяйственно полезных признаков животных осуществляется направленный (плюс вариант) отбор. По некоторым признакам (например, размер тела, форме вымени и скорость молокоотдачи у молочного скота) отбор направлен на стандартизацию, то есть на пригодность к типовой технологии содержания и эксплуатации в промышленных комплексах и на высокомеханизированных фермах.

Индивидуальный отбор в животноводстве, как правило, осуществляется по комплексу признаков. Однако интенсивность отбора для каждого в отдельности признака разная. Наибольший коэффициент отбора применяется к основным селекционируемым признакам. Так, в яичном птицеводстве основной показатель отбора – число снесенных яиц, в мясном птицеводстве – масса и качество тушки бройлера в контрольном возрасте.

Относительная эффективность методов отбора в значительной степени определяется направлением и степенью фенотипической корреляции между селекционируемыми признаками. Отбор по селекционному индексу более эффективен, если фенотипические корреляции низкие или отрицательные.

5.2. Подбор в животноводстве

Подбор – это целенаправленное закрепление самцов и самок для получения потомства более продуктивного, чем родительские пары. Различают две основные формы: гомогенный (однородный) и гетерогенный (разнородный) подбор, исходя из фенотипических и генетических различий спариваемых животных.

Гомогенный подбор – это спаривание сходных по типу и продуктивности животных для наследственного закрепления и усиления развития желательных признаков у потомства. При этом придерживаются формулы: лучшее с лучшим даст лучшее, чем в среднем популяция. По качественным альтернативным признакам получают с известной закономерностью однотипное с родителями потомство. Например, спаривание коров и быков красной масти, рогатых и т. д. даст однородное и сходное потомство. Расщепления случаются только у гетерозигот по генам доминантной формы фенотипа. От скрещивания черно-пестрых особей с красно-пестрыми первое поколение будет черно-пестрым, а при спаривании особей первого поколения между собой будут выщепляться красно-пестрые потомки (до 25 % всех особей второго поколения).

По количественным признакам подбор считают однородным, если спариваемые особи по данному признаку отклоняются от среднепопуляционного не более $\frac{1}{2}$ сигмы (σ), или стандартного отклонения. В больших популяциях молочного скота стандартное отклонение удоя составляет 700 кг и для содержания жира 0,3 %. Тогда при подборе в стаде со средним удоем 3500 кг молока жирностью 3,8 % осеменение спермой быка, дочери которого имели за 1-ю лактацию удой 3840 кг молока жирностью 3,93 %, можно считать однородным. Однако у той части коров, которые имели отклонение от средней более $\frac{1}{2}$ стандартного отклонения, получится разнородный подбор, а у их потомства эти

признаки будут приближаться к популяционной средней.

Однородным подбором чаще пользуются для выведения племенных животных с устойчивой наследственностью, включая препотентных производителей. При этом крайней формой его являются умеренно и близкородственные спаривания, когда особи имеют большое фенотипическое и генетическое сходство. В результате повышается гомозиготность по аллелям качественных признаков и повышению частоты (концентрации) желательных аддитивных генов признаков продуктивности и воспроизводительной способности в популяциях потомства.

Обычно при обосновании формы подбора берется во внимание главный признак – продуктивность, а по другим признакам может быть как гомогенный, так и гетерогенный вариант подбора у тех же пар животных. Недостаток гомогенного подбора (включая инбридинг) состоит в том, что при длительном применении в ряде поколений (4–5 и дольше) может наступить замедление роста среднепопуляционного уровня и даже общая депрессия животных. Для снятия этих явлений периодически используют гетерогенный подбор и освежение крови.

Гетерогенный подбор и освежение крови или разнородный улучшающий подбор применяют широко как в племенных, так и в товарных стадах. Этим подбором добиваются более быстрого улучшения продуктивности и плодовитости животных, повышения жизнеспособности и фенотипического разнообразия особей популяции. Однако потомство от разнородного подбора приобретает менее устойчивую наследственность. При спаривании с такими же животными происходит значительное расщепление (рассеивание) к исходным родительским формам. Поэтому племенная ценность их ниже и нередко при проверке по потомству, казалось бы, ценный по происхождению производитель оказывается посредственным, нейтральным и даже ухудшателем. С этим нужно считаться при выборе матерей и отцов будущих производителей.

Таблица 11 – Формы подбора в животноводстве

Вид подбора	Сущность подбора	Рекомендации к применению
Гомогенный (однородный)	Родственное спаривание Аутбредное (из разных семей) спаривание особей по фенотипическому и генотипическому сходству.	При закладке и выведении линий. При консолидации и совершенствовании линий.
Гетерогенный (разнородный)	Аутбредное спаривание фенотипически и генотипически различающихся особей.	При межлинейном скрещивании (для оценки на сочетаемость). Для поддержания гетерогенности в линии, преимущественно материнской.

В практических условиях применяют индивидуальный или групповой подбор. Индивидуальный подбор осуществляют главным образом матерям самцов и высокопродуктивным животным стада, стремясь к закреплению высокого потенциала продуктивности. В основном же в молочном скотоводстве проводится групповой подбор с последовательной ротацией 4–5 линий в зоне обслуживания племпредприятия. За определенной группой хозяйств закрепляют одну линию, за другой – другую и т. д. Через 2–2¹/₂ года осуществляют смену или ротацию линий с учетом их сочетаемости. В год ротации и закрепления линий проводят анализ генеалогической структуры маток стада, чтобы избежать стихийных родственных спариваний.

При планировании подбора, то есть назначении производителей к определенным маткам и стадам, руководствуются следующими рекомендациями:

- наиболее ценных производителей выделяют для заказных спариваний с матерями будущих самцов. Оставшуюся сперму посылают в племзаводы и племенные хозяйства с учетом линейного разведения. На товарных фермах и комплексах используют улучшателей, но менее ценных;

- для оценки по потомству 20–30 % телок и коров осеменяют спермой молодых быков в стадах, где удои первотелок выше породного стандарта или в среднем не ниже 3000 кг по стаду;

- после анализа результатов подбора (по качеству потомства) проводят корректировку как индивидуального, так и группового подбора ;

- не допускаются стихийные родственные спаривания и подбор животных, имеющих общие недостатки телосложения и экстерьера, продуктивности и др.

Иногда специалисты говорят и о возрастном подборе, не рекомендуя спаривать молодых животных с молодыми и старых с молодыми, подбирая к ним зрелых полновозрастных партнеров. Но здесь не имеется генетических обоснований. Ссылки же на то, что лучшее потомство, получается, от родителей в период их физического расцвета, в общем, справедливы. Они уже проверены по потомству и прошли строгий отбор. Да и зрелый организм матери обеспечивает лучшие условия развития плода и новорожденного.

ГЛАВА 6. МЕТОДЫ РАЗВЕДЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ

6.1. Понятие о методах разведения. Методы разведения на увеличение степени гомозиготности потомства.

Чистопородное разведение

Разведение – система подбора с учетом видовой, породной, линейной принадлежности животных для получения нового поколения с определенными генетическими задатками. Теоретической основой разведения является генетика, и в первую очередь ее раздел – генетика популяций.

Под методами разведения понимают способы совершенствования сельскохозяйственных животных, преобразующие их наследственность в желательном направлении. При этом в одних случаях требуется сократить или изменить частоту отдельных генов (А или а), в других – изменить частоту комбинаций генов (например, генотипов АА, Аа и аа), в третьих – ввести другие гены, чтобы получить новые генотипы.

В классическом (зоотехническом) смысле методы разведения подразделяются на следующие группы:

- чистопородное разведение (включая инбридинг, разведение по линиям и семействам, освежение крови);
- различные виды скрещивания (система подбора животных разных пород для оплодотворения двух генетически различных гамет), в том числе промышленное, вводное, воспроизводительное, поглотительное;
- гибридизацию (система подбора самцов и самок разных (отдельных) видов).

Предпосылкой успешного разведения животных является наличие биологической (наследственной) и ненаследственной изменчивости.

С точки зрения популяционной генетики методы разведения животных подразделяются на следующие группы:

- методы разведения, основанные на использовании аддитивного эффекта генов (инбридинг, разведение по линиям, чистопородное разведение, преобразовательное, воспроизводительное и поглотительное скрещивание);
- методы разведения, использующие эффект гетерозиса с селекцией на специальную комбинационную способность (скрещивание инбредных или заводских линий, периодическая селекция и периодическая реципрокная селекция);
- методы разведения, включающие эффект гетерозиса без селекции на специальную комбинационную способность (простое промышленное, переменное и ротационное скрещивания, гибридизация).

В зависимости от того, используется ли преимущественно аддитивная генетическая изменчивость или дополнительно включают неаддитивную генетическую изменчивость, в разведении выделяют: методы для увеличения степени гомозиготности и методы, направленные на повышение уровня гетерозиготности потомства.

Разведение животных, направленное на увеличение степени гомозиготности в популяции, имеет целью консолидацию наследственности (генотипа) и обеспе-

чивает более надежное наследование признака. Эти методы пригодны в первую очередь в племенных стадах, основной задачей которых является получение и выращивание особей с высокой ценностью при чистопородном разведении. При этом под гомозиготными понимают те организмы, которые идентичны по качеству, количеству и структурному расположению всех или части генов. В этом смысле говорят о полной гомозиготности или о гомозиготности по одному, двум и т.д. признакам, обусловленным определенными парами аллелей. Гомозиготность пары аллелей имеют в диплоидном состоянии идентичные аллели в обеих гомологичных хромосомах (AA или aa; AABV, AAvv, aaBV, aavv).

Чистопородное разведение – основной племенной метод разведения, при котором осуществляются отбор и подбор животных внутри пород в целях сохранения и дальнейшего улучшения определенных признаков потомства.

Генетическая сущность данного метода заключается в увеличении гомозиготности с целью закрепления желательных наследственных качеств родительских форм у потомства. Селекционное значение его состоит в сохранении и дальнейшем совершенствовании биологических особенностей пород (типов, линий, семейств) животных и в элиминировании особей, несущих наследственные дефекты.

Основными условиями, обеспечивающими достижение этих целей, являются:

- направленный отбор и подбор, основанные на знании наследственных особенностей животных, их родственных связей в стаде и породе в целом;

- наличие в породе нескольких генетически разнокачественных и не родственных друг другу групп (заводские линии, семейства), что обеспечивает более широкие возможности проведения подбора самцов и самок;

- достаточная численность животных в породе, как условие, обеспечивающее широкую приспособленность особей к хозяйственно-климатическим условиям;

- оптимальные условия внешней среды при выращивании молодняка и дальнейшей эксплуатации животных.

В коневодстве выделяются породы чистокровные (арабская, английская верховая), чтобы особенно подчеркнуть чистоту их происхождения.

Чистопородное разведение – основной метод разведения животных и птицы в племенных хозяйствах (племфермах, селекционных стадах).

Генетическое совершенствование популяции при чистопородном разведении приводит к соответствующим изменениям в частоте генов. При этом если фенотипически можно выделить генотипы одной, определенной системы генов. Частоту встречаемости гена в популяции или выборке определяют путем простого подсчета. Допустим, что имеем соотношение генотипов $AA9 - Aa30 - aa26 = 65$. У каждой особи по соответствующему признаку имеется 2 гена, тогда всего генов будет $65 \times 2 = 130$, в том числе генов $A - 9 \times 2 + 30 = 48$. Отсюда частота гена A составит $48 : 130 = 0,37$, или 37%; частота гена a будет равна $26 \times 2 + 30 = 82$, тогда $82 : 130 = 0,63$, или 63%.

При полном доминировании гетерозиготы Aa не отличаются от гомозигот AA . В этом случае установить количество гетерозигот прямым подсчетом в се-

лекционной группе невозможно. Эту задачу можно решить с помощью формулы Харди – Вайнберга: $p^2AA + 2pqAa + q^2aa = 1$. При этом поголовье животных в выборке (65) принимается за 1, тогда доля особей с генотипом AA будет: $p^2 = 9 : 65 = 0,14$, с генотипом aa – $q^2 = 26 : 65 = 0,40$. Отсюда частота гамет с геном A равна $p = \sqrt{0,14} = 0,37$, гамет с геном a – $q = \sqrt{0,40} = 0,63$ и частота гетерозиготных особей – $2pq = 2 \times 0,37 \times 0,63 = 0,47$.

Таким образом, число гетерозигот по прямому подсчету равно 30, что составляет в долях единицы 0,46, а по формуле Харди – Вайнберга – 0,47. Разницу в сотых долях единицы можно отнести за счет округления чисел в расчетах.

Результаты определения генных частот приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Результаты определения генных частот

Генотипы	Число генотипов	От общего числа генотипов	
		%	доли единицы
AA	9	14,0	0,14
Aa	30	46,0	0,46
aa	26	40,0	0,40
Всего	65	100,0	1,00

Приведенный метод определения генных частот можно использовать лишь тогда, когда в изучаемой выборке предполагается равновесие. В противном случае вычисленные частоты могут сильно отклоняться от действительных. При наличии генетического равновесия доля гетерозигот с двумя аллелями никогда не превышает 0,5.

Для определения числа возможных сочетаний воспользуемся таблицей, в которой указано число особей с различными генотипами.

Приведенный метод квадратных корней можно применять и для определения частоты генов во многих других системах с множественными аллелями, которые довольно часто встречаются у сельскохозяйственных животных и птицы. При этом частоту зигот в системе множественных аллелей получают путем разложения многочлена $(p_1+p_2+p_3+\dots+p_n)^2$, где $p_1, p_2 \dots p_n$ обозначают частоты отдельных аллелей.

Таблица 13 – Частоты возможных генотипов с двумя аллелями

Женские гаметы	Мужские гаметы	
	A $p = 0,37$	a $q = 0,63$
A $p = 0,37$	AA 0,1369	Aa 0,2331
a $q = 0,63$	Aa 0,2331	aa 0,3969

В практике чистопородных считают животных имеющих достоверное происхождение, устанавливаемое на основании племенных записей. Чистопородные животные обладают устойчивой наследственностью.

Современные породы, несмотря на длительное чистопородное разведение, характеризуются генетическим разнообразием, достаточным для дальнейшего прогресса за счет внутривидовых ресурсов. Высокое генетическое разнообразие животных обеспечивается не только индивидуальной изменчивостью организма, но и структурой породы (типы, отродья, линии, семейства).

6.2. Родственное разведение (инбридинг). Инбредная депрессия

Инбридинг – спаривание (подбор) животных, состоящих между собой в более близком родстве, чем это в среднем имеет место при случайном спаривании особей данной популяции. Инбридинг способствует возрастанию гомозиготности за счет снижения гетерозиготности и приводит к генетической дифференциации исходного материала и рассматривается как интенсивная форма чистопородного разведения.

Цель родственного спаривания – закрепление в потомстве признаков ценных в племенном отношении предков на основе повышения степени гомозиготности. Родство спариваемых особей может быть разным. Количественная характеристика степени родства имеет важное значение. Степень родства устанавливается по родословной предков. При этом в селекционной работе по родословной оценивают, как правило, два показателя родства животных: коэффициент инбридинга и степень родства.

В настоящее время для оценки уровня гомозиготности при инбридинге пользуются способом Шапоруца и С. Райта. В зависимости от ряда родословной, где встречаются общие предки, по классификации Шапоруца, различаются следующие степени инбридинга:

кровосмешение – дочь x отец (II–I), мать x сын (I–II), брат x сестра (II–II)

близкий инбридинг – полубрат x полусестра (II–II), I–III; III–I; II–III; III–II

умеренный инбридинг – III–III; III–IV; IV–III; IV–IV

отдаленный инбридинг – IV–V; V–IV; V–V

Более совершенным является способ С. Райта – Кисловского согласно следующей формуле:

$$F_x = \sum [(1/2)^{n+p_1 - 1} (1+fa) 100,$$

Где F_x – коэффициент инбридинга в процентах;

n и p_1 – ряды в материнской и отцовской сторонах родословной, где встречается общий предок;

fa – степень гомозиготности (в долях единицы) общего предка, выраженная в долях единицы;

\sum – знак суммирования (при условии сложного инбридинга).

По Д.А. Кисловскому при коэффициенте 25% и более инбридинг считается тесным (кровосмешением), от 12,5 до 25% – близким, от 1,55 до 12,5% – умеренным, от 0,2 до 1,55% – отдаленным.

Аутбридинг – спаривание неродственных особей, принадлежащих к генетически различным группам.

Коэффициент инбридинга (F_x) выражает уровень относительного возрастания гомозиготности популяции по сравнению с исходным состоянием и показывает, какова вероятность встречи у одной особи (или в обеих гаметях, из которых развивается организм) двух аллельных генов, имеющих общее происхождение, т.е. происходящих от одноименного гена общего порядка. В соответствии с этим у потомка имеется F шансов быть гомозиготной по этому аллелю (A или a).

Если относительная частота локусов A и a составляет ряд, то шансы особи быть гомозиготной по этим локусам будут равны соответственно pFA/A и qFa/a . Наряду с этим существует вероятность, равная $1-F$, что оба аллеля одного локуса происходят не от общего предка. Если коэффициент инбридинга равен F , то частота трех генотипов A/A , A/a и a/a в популяции будут следующими:

Генотип	Частота
A/A	$p^2(1-F)+pF$
A/a	$2pq(1-F)$
a/a	$q^2(1-F)+qF$

При проведении подбора кроме фенотипического сходства необходимо учитывать и генетическое сходство между животными.

Для оценки степени генетического сходства между животными С. Райт предложил формулу:

$$R_{xy} = \frac{\sum \left(\frac{1}{2}\right)^{n+n_1} (1 + f_a)}{\sqrt{(1 + f_x)(1 + f_y)}}$$

где R_{xy} – коэффициент генетического сходства между животными x и y , %; Π и Π_1 – ряд родословной особей x и y , в котором встречается общий предок; f_a – коэффициент инбридинга (по Райту) общего предка (в долях единицы); f_x и f_y – коэффициент инбридинга (по Райту) в долях единицы животного x и y .

Как и коэффициент инбридинга (F_x), коэффициент генетического сходства отражает уровень его возрастания при применении соответствующих форм подбора.

Коэффициент генетического сходства отражает шансы на сходство по генотипу отдельных особей друг с другом или с выдающимся предком (по родословной). Коэффициент этот между аутбредными животными равен нулю.

В то же время между коэффициентами инбридинга и генетического сходства имеются заметные различия. Возрастание гомозиготности и генетического сходства – процессы достаточно различные.

Животные могут быть гомозиготными по ряду генов и в то же время генетически несходными и, наоборот, при их полной гетерозиготности возможно стопроцентное генетическое сходство.

Например, при сочетании генов в генотипе следующих животных: ААввССdd и ааВВссDD, которые на 100% гомозиготны и одновременно на 100% генетически неоднородны (несходны), так как не имеют ни одного общего гена. С другой стороны, два животных генотипа АаВвСсDd являются на 100% полными гетерозиготами и одновременно на 100% генетически однородными (сходными).

Используя разные формы подбора, можно определенным образом управлять процессами, связанными с гомозиготностью и генетическим сходством; можно увеличивать генетическое сходство без заметного возрастания гомозиготности, и наоборот.

В частности, коэффициент генетического сходства между животными возрастает в наибольшей степени при использовании умеренного и отдаленного инбридинга, тогда как возрастание гомозиготности у потомства в этом случае бывает значительно меньше.

Умеренным инбридингом можно в пределах группы животных поддерживать достаточно высокое генетическое сходство с родоначальником.

Коэффициенты инбридинга и генетического сходства связаны между собой. В таблице 14 приведены значения этих коэффициентов для случаев, когда животные аутбредны.

Таблица 14 – Коэффициенты родства и инбридинга

Родственная связь	Коэффициент родства	Коэффициент инбридинга
Отец – мать	0,5	0,5
Мать – сын	0,5	0,5
Полные сибсы	0,5	0,25
Полусибсы	0,25	0,25
Дед (бабушка) – внучка (внук)	0,25	0,125
Прадедушка (прабабушка) – правнучка (правнук)	0,125	0,0625
Двоюродные брат и сестры	0,125	0,0625

В селекционной работе проводятся испытания животных на рецессивные нежелательные гены. При этом учитывается, что доминантный ген проявляется как в гомо-, так и в гетерозиготном состоянии. Рецессивный ген дает эффект лишь в гомозиготном состоянии, т.е. в двойной дозе. Частоту распространения таких генов в одинарной дозе (гетерозиготное состояние) можно проверить при соответствующих спариваниях (закрепление самцов с самкой – носителем гена, спаривание с известной гетерозиготной, закрепление самцов за неизвестными по генотипу животными и др.).

В селекции наиболее эффективным является последний метод, в основу которого положены следующие генетико-статистические принципы.

При спаривании двух гетерозигот ($Aa \times Aa$) возможны четыре комбинации мужских и женских гамет (AA, Aa, aA и aa). Значит, происходит расщепление рецессивных гомозигот (aa) в размере $\frac{1}{4}$ (25%). Из четырех возможных комбинаций гамет формируется три генотипа (AA, Aa и aA) без вредного эффекта рецессивного гена. Фенотипически такие животные являются нормальными. Следовательно, у F_2 -потомков вероятность, что они не будут иметь фенотипических отклонений и составит $(\frac{3}{4})^n$, а $(\frac{1}{4})^n$ потомков будет иметь фенотипические изменения, вызванные двойной дозой рецессивного гена.

Для эффективного использования такого метода необходимо точное знание всех аномалий (дефектных потомков, мертворожденных, абортированных и др.), чтобы установить тип наследования врожденных аномалий и разработать необходимые селекционные решения.

Результат инбридинга зависит от того, какие гены переходят в гомозиготное состояние – желательных или нежелательных.

Каждая популяция содержит в себе значительное количество в скрытой рецессивной форме отрицательно действующих (летальных, полумлетальных) генов. Выщепляясь в гомозиготной форме или инбридинге, эти гены оказывают отрицательное действие на жизнеспособность, воспроизводительные функции и другие потомства. Это явление получило название инбредной депрессии.

Инбредная депрессия – снижение жизнеспособности и продуктивности как следствие инбридинга по сравнению с потомством от аутбридинга. Причиной такого положения является наступающая при инбридинге гомозиготность по летальным и снижающим жизнеспособность генам, а также появление неприиспособленных генотипов, которые редко возникают в исходной популяции, а в случае их появления элиминируются. В то же время переход нежелательных генов в гомозиготное состояние способствует выявлению и удалению их из популяции. Таким образом, инбридинг может содействовать очищению стада от нежелательных генов. Особенно эффективно в этом направлении положительное действие инбридинга в отношении летальных и полумлетальных генов. В случае доминирования их можно выявить и удалить. Поэтому инбридингу приписывают «санитарную» роль. Значительно сложнее избавиться от нежелательных генов, если они рецессивны, тогда требуются аналитические скрещивания.

Переход части генов в гомозиготное состояние при инбридинге способствует расщеплению популяции на отдельные группы, значительная часть которых с летальными и полумлетальными генами бракуется (пропадает). Оставшиеся группы, лишённые таких генов, размножаются. В каждой из них увеличивается гомозиготность и связанная с этим однородность. При этом внутри групп изменчивость снижается, а между группами возрастает. Сохранившийся племенной материал характеризуется сравнительно достаточной однородностью и при разведении «в себе» представляет линию. На таком принципе создаются линии в птицеводстве.

В практике животноводства приводится немало примеров отрицательного влияния так называемого бессистемного тесного инбридинга на жизнеспособность и многие продуктивные свойства потомства.

При этом отмечается, что инбридинг в наибольшей мере проявляется по признакам с низким коэффициентом наследуемости (h^2), которые обусловлены в основном неаддитивным действием генов и в большей степени подвержены влиянию внешних факторов среды. Это в первую очередь жизнеспособность, показатели воспроизводительной функции и др.

Признаки, по которым не проявляется инбредная депрессия, как правило, характеризуются более высоким коэффициентом наследуемости и обусловлены влиянием аддитивных генов; на них слабее влияют факторы среды (жирномолочность, мясо-сальные качества туш, оплата корма и др.).

Обстоятельные опыты использования инбридинга были проведены на морских свинках С. Райтом, который в 20 поколениях применял подбор животных по типу брат х сестра. В результате из полученных 35 инбредных линий вымерло 27. У потомства остальных групп снижалась жизнеспособность и плодовитость.

По данным литературы увеличение инбридинга на 1% в инбредных популяциях птицы приводит к снижению яйценоскости в среднем на 0,4 яйца и повышению отхода цыплят на 0,55%.

У овец породы прекос при инбридинге количество абортировавших маток было в два раза выше, чем при неродственном подборе. Отрицательное влияние инбридинга на качество потомства отмечается у крупного рогатого скота (замедление роста инбредного потомства, снижение его жизнеспособности, молочной продуктивности, воспроизводительной функции).

Известно, что разные по популяции неодинаково реагируют на инбридинг, что обусловлено различной исходной величиной их гетерозиготности. Более всего от вредных последствий инбридинга страдают такие животные как свиньи, лошади и птица, в меньшей мере – крупный рогатый скот и овцы. При этом, как правило, после 4–6 поколений кровосмешения у птицы существенно снижается плодовитость (сохраняется не более 5% от числа заложенных инбредных групп), свиньи становятся нежизнеспособными. У крупного рогатого скота инбредная депрессия начинает проявляться при $F_x = 20–25\%$. Поэтому прибегать к близким степеням инбридинга часто в скотоводстве запрещается. Тесный тип инбридинга рекомендуется использовать крайне редко на ценных животных с крепкой конституцией.

Умеренный тип инбридинга, как правило, не приводит к вредным биологическим последствиям. Такой умеренный тип достаточно эффективно применяют в племенной работе с учетом целенаправленного отбора, крепости конституции инбредного потомства.

При отдаленном типе инбридинга инбредной депрессии обычно не наблюдается.

Несмотря на инбредную депрессию, которая может приводить даже к измельчению и карликовости потомства, повышению мертворождаемости, появлению уродств, полному бесплодию и т.д., родственное разведение имеет важное значение в племенной работе с породами животных и птицы.

Инбридинг, как средство, направленное на повышение гомозиготности потомства, целенаправленно (с учетом его коэффициента) использовался при выведении многих пород животных. Консолидация родоначальника породы, как

правило, проходила с закрепления его типа при тесном инбридинге. На это указывал Р. Бекавелл и его ученики при выведении таких пород крупного рогатого скота, как шортгорнская и герефордская, овец – лейстерская.

Умело пользовались инбридингом при выведении орловского рысака А.Г. Орлов и В.И. Шишкин. В дальнейшем на полезность целенаправленного умеренного инбридинга указывали П.Н. Кулешов и Д.А. Кисловский. Основоположник научной методики пороодообразования М.Ф. Иванов инбридинг считал необходимым способом в селекционной работе. При этом, при сочетании инбридинга, жесткого отбора и целенаправленного подбора среди потомства была выведена достаточно продуктивная мясо-сальная порода свиней для южной зоны.

С целью снижения действия инбредной депрессии при необходимости его использования возможно несколько приемов:

- «освежение крови» – система подбора инбредных особей с неродственными им животным данной породы;
- система подбора с другими породами;
- жесткий отбор среди инбредного потомства (до 90% уровень браковки) по показателям жизнеспособности, крепости конституции и т.д.;
- оптимальные условия факторов внешней среды животных (кормление, содержание);
- выращивание родственных особей (самцов и самок) в различающихся условиях, что будет способствовать повышению цитоплазматических различий половых гамет животных.

Следует иметь в виду то, что в естественных условиях у диких животных родственные спаривания распространены сравнительно широко. Опасен не инбридинг как таковой, а бессистемность и отсутствие отбора при его применении. При интенсивном отборе, устраняющем все нежелательные отклонения, он служит средством формирования нужной наследственности животных.

Необходимо учитывать разную биологическую сущность инбридинга в зависимости от его степени. Д.А. Кисловский считает, что инбридинг умеренной степени (III–III, III–IV), обычно применяемый при работе с линиями, незначительно повышает гомозиготность, но существенно увеличивает генетическое сходство потомков с родоначальником.

Напротив, при тесном инбридинге (II–I, II–II) гетерозиготный генотип родоначальника расщепляется на ряд новых, более гомозиготных комбинаций наследственных задатков. В этом заключается эволюционное значение инбридинга в дикой природе и селекционное в племенной работе с домашними животными.

В результате анализа происхождения инбредных животных выделили следующие типы инбридинга:

- простой инбридинг — отец и мать аутбредные, родственные между собой через одного женского или мужского предка. Используют его главным образом при внутрилинейном разведении;
- переменный инбридинг в двух вариантах: а) отец аутбредный, мать инбредная на одного родоначальника и родственна отцу через другого родоначальника, на которого и осуществляется инбридинг; б) отец инбредный на одного родоначальника, мать аутбредная, родственна отцу через другого предка.

Переменный инбридинг применяют при внутрилинейном и межлинейном разведении;

– усиливающий инбридинг также может быть в двух вариантах: а) мать получена в результате родственного спаривания на родоначальника, который встречается в родословной аутбредного отца; б) мать – аутбредная, отец инбридирован на родоначальника, который встречается и в родословной матери;

– закрепляющий инбридинг – и отец, и мать инбридированы на одного и того же родоначальника. Этот тип спаривания в хозяйствах встречается редко и так же, как усиливающий тип инбридинга, применяется только при внутрилинейном разведении;

– комплексный инбридинг – животные родственны по двум и более мужским или женским предкам.

6.3. Разведение по линиям и семействам в животноводстве и птицеводстве

Линия – внутривидовая группа животных нескольких поколений, происходящих от выдающегося родоначальника.

Основные свойства линии (родство животных, общность хозяйственно-полезных качеств, которые достаточно устойчиво передаются потомству и возможность проявления гетерозиса при кроссах линий) определяются подбором аллелей (пулом) или генофондом линий. В итоге данная группа представляется довольно сбалансированным составом (желательных) генотипов. Этот состав необходимо удерживать с помощью методов селекции, направленных на поддержание гетерозиготности, которая в основном определяет ее генетическую неоднородность и изменчивость.

Организация выведения линий условно подразделяется на следующие этапы:

- разработка стандартов животных по селекционируемым качествам;
- выбор родоначальника по результатам испытания потомства;
- получение продолжателей линии (родоначальники ветвей) при использовании тесного инбридинга (типа – отец х дочь) или умеренного родственного однородного подбора на выдающегося предка;
- размножение племенного материала линии через сыновей и внуков родоначальника с использованием инбридинга для получения линейных производителей и гомогенного аутбредного (родственного) подбора для выведения маточного материала;
- консолидация линии путем интенсивного отбора животных, отвечающих стандартам, использование гомогенного подбора, направленного на повышение генетического сходства с родоначальником.

На всех этапах выведения линии требуется обязательная оценка производителей по потомству, жесткий отбор племенного материала и др.

При разведении по линиям сходство с родоначальником не самоцель. Главное, чтобы получать потомство, продуктивные качества которого превосходили бы продуктивность предков (табл. 15).

Различают два понятия: линия и разведение по линиям. Линия в породе может возникнуть случайно, без целенаправленной работы специалиста. Поскольку первое и второе поколения животных имеют относительно высокое ге-

нетическое сходство с производителем (соответственно 50% и 25% доли генов самца), что выражается в фенотипической схожести животных, стихийно создается линия данного животного. Однако такая линия быстро элиминируется, т.к. сходство с ним в результате расщепления в каждом поколении уменьшается вдвое.

Таблица 15 – Развитие линии Флориана 374 симментальской породы

Бык-производитель	Родство к родоначальнику	Первая лактация				
		удой, кг	жирность молока, %	молочный жир, кг	продукция молочного жира	
					к дочерям родоначальника, %	к сверстникам, ±
Флориан 374	родоначальник	3669	3,66	134,2	100,0	+9,0
Арал 1331	сын	3449	3,71	127,9	95,3	+0,1
Бутон 2009	внук	3823	3,86	147,8	110,1	+16,9
Ерил 2448	внук	3879	3,83	152,4	113,5	+23,8
Моноли 4262	правнук	3843	3,94	151,3	112,8	+21,9
Люкс 4158	правнук	3880	3,93	152,5	113,6	+19,2
Лимон 5179	прапра-внук	4314	3,89	167,8	125,0	+19,5
Лакмус 5189	прапра-внук	4542	3,96	179,8	141,4	+34,8

При этом происходит следующее распределение генов «родоначальника» по поколениям потомков:

Поколения потомков	Доля генов родоначальника	
I	50% (1/2)	$(1/2)^1$
II	25% (1/4)	$(1/2)^2$
III	12,5% (1/8)	$(1/2)^3$
IV	6,25% (1/16)	$(1/2)^4$
V	3,125% (1/32)	$(1/2)^5$

Метод разведения по линиям позволяет сохранить на определенном уровне генетическое сходство с родоначальником и тем самым воспрепятствовать потере линии.

При разведении по линиям решающую роль играют высокоценные по генотипу производители, так как влияние генотипа самца на породу значительно более высокие, чем самки (он оставляет после себя во много раз больше потомков). Поэтому система разведения по линиям есть система возможно широкого (но не без граничного) использования в ней специфики (типа) выдающегося производителя. Эта система работы основывается, прежде всего, на оценке

племенной ценности производителей по качеству потомства в течение ряда поколений. Все дочери производителей остаются в пределах породы в линии и используются в работе с ней.

Если среди оцененных потомков окажется несколько ценных производителей, то в линии закладывается, как правило, несколько ответвлений. Некоторые из них в дальнейшем становятся продолжателями линии.

Минимальное число линий в небольших локальных породах молочного скота 5–7, в широко распространенных – такое же количество в каждом типе или регионе. В каждом племхозе целесообразно разведение животных 2–3 линий.

Количество линий, которые могут быть получены в отношении, какого качества, зависят от числа пар генов, обуславливающих образование призрака. Если данное свойство определяется парой генов А–а, то могут быть получены особи двух линий – АА и аа, если же он обусловлен еще одной парой генов В–в, то получается уже четыре линии – АА ВВ, аа ВВ, АА вв и аа вв. Вообще число возможных линий при участии П пар генов равно $2^П$.

В большинстве случаев задача селекции связана не только с сохранением достоинств линий, но и в её улучшении. Работа заключается в выявлении наиболее желательных генотипов и преимуществ их размножений. Увеличение доли таких генотипов облегчит повышение средних показателей продуктивности линии. Селекция в таком в таком случае носит направленный характер.

Внутрилинейная селекция может довести продуктивность животных до уровня, который определяется её генофондом. В дальнейшем приёмы селекции, которые обеспечивали положительные результаты, могут быть неэффективными. В таком случае в линию необходимо ввести новый генетический материал и обеспечить условия для его реализации.

В систему работы с линиями входят кроссы линий для решения следующих задач:

– для поглощения угасающих родственных групп более перспективными линиями, а также в группах животных, которых не используют для внутрилинейного разведения;

– для «освежения крови» животных линии.

Кросс линии – система закрепления самок одной линии к производителям другой линии (полученное при этом потомство, включая и самок, относится к линии отца).

Кроссы линий являются синтезом того, что накоплено в каждой линии. Иногда при кроссах линий наблюдается такое сочетание наследственности потомства, которое обеспечивает гетерозис.

Генеалогической линией считают группу животных, происходящую от общего выдающегося предка. Всех животных, входящих в нее, связывает между собой родство с общим предком только по происхождению. В результате отсутствия отбора в линии животные отличаются разными племенными и продуктивными качествами.

При массовом использовании методов искусственного осеменения, когда от производителя получают большое число потомков, генеалогическая линия охватывает значительный процент животных породы. Эти линии составляют основу структуры породы. Так, все животные айрширской породы скота в Финляндии относятся к четырем генеалогическим группам – А, В, С и D.

Включение животного в ту или иную генеалогическую линию определяется его происхождением по отцовской линии. Генеалогическая линия в селекции используется для предотвращения стихийного или автоматического инбридинга, риск которого возрастает с введением искусственного осеменения животных.

Заводская (селекционная) линия – группа родственных животных от выдающегося предка, признаки которого поддерживаются целенаправленным отбором и умеренным инбридингом на протяжении трех и более показателей.

Заводские линии в скотоводстве могут создаваться на основе существующих генеалогических линий и на основе лучших (заводских) семейств.

Благодаря определенному генетическому сходству с выдающимся предком и проводимому отбору животные, составляющие заводскую линию, имеют не только родство с родоначальником, но и более или менее однородные племенные и продуктивные качества.

Примерами эффективного использования животных заводских линий молочного скота служит опыт многих племенных хозяйств. Так, в племенном заводе «Лесное» Ленинградской области получены высокопродуктивные животные от быка Адема 19722231, потомки которого имели высокую жирномолочность. Современные линии, полученные от данного производителя, отличаются достаточно высокой молочной продуктивностью.

При линейном разведении инбридинг ведется либо на одного выдающегося предка, либо на ограниченное их число. В любом случае подбор спариваемых животных должен быть направлен так, чтобы они не имели общих предков, кроме тех, чей генотип желательно сохранить в потомстве.

Родоначальниками заводской линии являются лучшие производители, обладающие высокой племенной ценностью (аддитивным генотипом) и проверенные по качеству потомства.

Отбор таких производителей осуществляется в тех племенных заводах, величина продуктивности которых намного превышает средний уровень по породе. К родоначальнику подбирают неродственных маток с высокой племенной ценностью, имеющих сходный тип по экстерьеру, конституции и продуктивности с потомством производителя, т. е. применяют гомогенный подбор. Для закрепления ценных генетических комбинаций используют инбридинг на лучших дочерей и внуков.

Следует учитывать, что проводить линейное разведение в замкнутом стаде достаточно трудно. Поэтому линейное разведение следует применять в масштабе породы

Возможны и другие схемы выведения заводских линий. Например, после выбора родоначальника его спермой осеменяют большую группу маток, имеющую высокую племенную ценность и фенотипическое сходство с потомством этого производителя, т.е. осуществляется гомогенный подбор. Наряду с подбором по фенотипическому сходству используют и другой тип спаривания – по генетическому сходству (инбридинг на лучших дочерей и внуков).

А	Отец		Х
	Мать		
			Х

Рис. 9. - Схема линейного разведения
(коэффициент инбридинга быка А 3,125%)

Б	Отец		К	
	Мать	К		

Рис. 10 - Схема линейного разведения
(коэффициент инбридинга быка В 9,375%)

В линейном разведении необходим подбор животных, направленный на то, чтобы при незначительном повышении гомозиготности сохранять необходимое генетическое сходство с родоначальником линии в целях ее консолидации.

На рисунке 9 приведен пример схемы разведения животных внутри линии (коэффициент инбридинга быка А 3,125%). Этот бык получен в результате спаривания отца и матери, имевших во втором поколении общего предка – быка Х (коэффициент родства 6,25%). На рисунке 10 бык Б имеет во втором ряду родословной по материнской линии и в четвертом ряду по отцовской общего предка – быка К (коэффициент инбридинга также 3,125%). Подобная схема подбора при линейном разведении возможна при долговременном хранении спермы.

Однако в зависимости от целей в племенных молочных стадах допускается использование инбридинга на родоначальника (продолжателей) линии. Так, производитель черно-пестрой породы Стенсер Адема 66657 ЛЧП–316 (таблица 16) инбридирован на быка Аннас 30387 в степени II–III.

Таблица 16 – Родословная быка Стенсера Адема 66657

Стенсер Эмма 107 290 898 2-480-7541-4,7		Стенсер Адема 49166	
Стенсер Эмма 87 242 292 0-458-8839-4,4	Аннас Адема 30387 ▲	Стенсер Эмма 99 284 162 3-0-7179-4,37	Адема 43342154
		Аннас Адема 30387 ▲	Адема 37910

В среднем от 67 дочерей быка Стенсера Адема за первую лактацию было надоено 4096 кг молока с жирностью 3,84% (превышение над матерями по удою составляет 497 кг молока, а по содержанию жира – 0,18%). Наиболее высокоценными быками-производителями, оказавшими значительное влияние на формирование данной линии, были Сатурн 1473 ЛЧП-401 (Стенсер Адема 6657 – Коозе 161/54447, 4-5544-4,22), Снайпер 1565 ЛЧП-488 (Стенсер Адема 66657 – Лиувке 68/54478, 4-7114-4,31), Смирный 53 ЛЧП-649 (Север 1431 ЛЧП-426, сын родоначальника линии, – Хелена 1338 ЛЧП-1339, 3-6002-4,24). Производитель Сатурн 1473 был выведен путем родственного спаривания в степени III-III, IV на родоначальника линии. Оценка быка Сатурна проведена по качеству потомства: 20-1-4609-3,89. Удои дочерей превышают удои матерей на 846 кг молока и содержание жира на 0,41%. По телосложению дочери быка Сатурна имели ярко выраженный молочный тип.

В линейном разведении можно использовать и так называемый комплексный инбридинг, когда в родословной имеется несколько общих предков (рис. 11). В этом случае бык В инбридирован на быка Н в степени 6,25 % и на корову П в 3,125 %. Общий коэффициент инбридинга 9,375%.



Рис. 11. - Схема линейного разведения
(коэффициент инбридинга быка В 9,375 %)

Заводские линии в молочном скотоводстве создаются и поддерживаются на протяжении 3-5 поколений. Протяженность линии определяется не числом поколений, а высокой степенью генетического сходства потомков с родоначальником и их соответствием типу линии.

Принятый в практике скотоводства метод ведения линий через быков основан на их интенсивном отборе, особенно при использовании искусственного осеменения, когда от одного производителя можно получить несколько тысяч сыновей. Значительно слабее, как уже отмечалось, отбор среди коров. Поддержание генетического сходства выдающегося предка через коров мало вероятно. Однако выдающихся маток, равноценных по генотипу с родоначальниками линий, следует использовать эффективно в линейном разведении. При спаривании лучших быков с такими коровами можно получить продолжателей линии.

Во избежание тесного близкородственного разведения и стихийного инбридинга разработаны методы ротационного линейного разведения. На молочных фермах получил распространение метод, когда в зоне деятельности племпредприятия проводится ротация линий по стадам с закреплением на 2–2,5 года родственных самцов одной линии и последующей периодической их заменой производителями другой линии.

Инбредные линии – линии, возникшие на основе тесного родственного подбора в течение ряда поколений. Имея высокую степень гомозиготности, животные данных групп характеризуются достаточным уровнем генетического сходства. У особей инбредных линий создается достаточная однородность в отношении морфологических, физиологических и др. показателей. Такие линии выводятся в птицеводстве (редко в свиноводстве) с целью дальнейшего использования в племенной работе. Поскольку при родственном разведении необходима большая браковка животных, то в скотоводстве, коневодстве, овцеводстве инбредные линии не выводят.

В птицеводстве разведение по линиям начиналось с получения родственных групп с помощью тесного инбридинга в ряде поколений. При этом линию можно назвать инбредной после 2–3 поколений, когда проводили спаривание полных сибсов. Об инбредной линии принято говорить, когда гетерозиготность снизилась на 35–40% по сравнению с исходной популяцией по какому-либо признаку от средней по линии. Инбридинг приводит исходное стадо к гомозиготизации ряда признаков и расчленению популяции на группы, отличающиеся генетически. Но в результате инбредной депрессии многие группы бракуются. Остающиеся группы испытывают на сочетаемость, после чего окончательно выделяются линии. При скрещивании животных данных линий, как правило, проявляется гетерозис, а потомство характеризуется выравненностью и однородностью продуктивности.

Первоначально подбирают пары сочетающихся линий. Но полученное потомство в производственных условиях не используется, т.к. необходимо содержать значительное родительское стадо с подавленной инбридингом жизнеспособностью и продуктивностью. Поэтому в производстве используются четырехлинейные кроссы, у которых инбредная депрессия не проявляется. Продуктивность такой птицы обычно не превышает продуктивности двухлинейных, но у них восстанавливается (повышается) жизнеспособность. Создание инбредных линий требует и определенных издержек. Необходим большой исходный материал, неизбежна выбраковка линий и т.д.

Инбредные линии могут служить также в качестве тестеров при возвратной селекции. А инбредную отцовскую форму можно использовать для спаривания с неинбредными курами – метод топкросс.

Разведение по линиям в свиноводстве имеет некоторые особенности. Родоначальнику и продолжателю линии присваивается одна и та же кличка: Драчуна, Леопарда, Самсона и др., а каждый производитель в линии имеет свой индивидуальный номер. Например: Драчун 8529 – родоначальник линии; Драчун 7821, Драчун 1795, Драчун 3667 и т.д. – его продолжатели.

Линии в свиноводстве подразделяются на открытые, частично закрытые и полностью закрытые. Животных открытых линий разводят, как правило, путем аутбридинга. Животных закрытых линий разводят при умеренном (иногда при тесном) инбридинге. В производственных условиях такой способ ведения линий встречается редко.

В последнее время в свиноводстве как и в птицеводстве практикуется создание в породах свиней специализированных линий на основе дифференцированной селекции животных по определенным признакам. При этом создаются специализированные отцовские и материнские линии для дальнейшего определения их сочетаемости (кроссы линий) на гетерозиготный эффект.

Опыт показывает, что лучшие результаты в отцовских линиях дает селекция на скороспелость, оплату корма, мясные качества, в материнских линиях – селекция на многоплодие, молочность, крупноплодность и выравненность поросят в гнезде.

Материнская линия, помимо хромосомного оказывает и внехромосомное влияние на наследственность. Кроме того, отмечается и чисто «материнское влияние», которое связано с тем, что организм самки создаёт особую внутреннюю среду для развития потомства, для его питания.

Наряду с разведением по линиям в систему чистопородного подбора входит и работа с маточными семействами. Семейством называют женское потомство родоначальницы, выделяющееся продуктивными качествами по сравнению со средними показателями по стаду.

Работа с семействами основана на существующей связи между продуктивностью матерей и их дочерей. Качества эти у дочерей могут быть усилены путем использования в подборе производителей–улучшателей ведущих линий данной породы.

Практика свидетельствует, что генетически ценные производители в большинстве случаев происходят от линейных отцов и матерей, принадлежащих к наиболее продуктивным семействам. В семействе, кроме родоначальницы, должно быть не менее 3 дочерей, 9 внучек и правнучек (молочный скот). При этом потомки семейства должны превосходить по одному или более селекционируемым качествам средний уровень сверстниц.

Разведение по семействам необходимо как для племенных, так и товарных стад. В заводском стаде, как правило, селекция по семействам проводится для повышения эффективности отбора, выведения в лучших семействах производителей с качественным генотипом. Работа по совершенствованию существую-

щих и выведению новых семейств приводится в трех направлениях (Н.Г. Дмитриев и др., 1988):

– систематическая (ежегодная) оценка их продуктивности по абсолютным показателям в сравнении со сверстницами стада и полусестрами отца по формуле:

$$OC = \frac{\sqrt{\sum(+X_1) \times (+Y_1)}}{\sum x \times \sum y} \times 100,$$

где $\sum (+X_1)$ – количество маток семейства, превышающих показатели полусестер; $\sum (+Y_1)$ – сумма положительных разниц между показателями маток семейства и полусестрами, выраженная в долях сигмы; x – число всех оцениваемых самок семейства; y – сумма всех отклонений в долях сигмы оцениваемых маток от их полусестер (отклонения выражаются в абсолютных единицах).

– анализ сочетаемости животных данного семейства с отдельными линиями и производителями;

– ежегодная корректировка индивидуальных планов подбора в семействе.

Для племенной работы, несомненно, ценнее то семейство, в котором выше процент маток, превосходящих по продуктивности своих полусестер по отцам.

Родоначальницы семейств и их потомки находятся в разной степени родства. Генетическая связь в семействе, связь полных сибсов составляет 0,5. Полусибсы имеют генетическую связь, равную 0,25.

В селекции семейств большое значение имеют принципы стабилизирующего подбора, создающие предпосылки сверхдоминирования – те ценные особенности генотипа, которыми должны обладать линейные производители этих семейств.

В семействах распространяются и закрепляются определенные «семейные» особенности типа и продуктивности, чаще, чем в линиях, проявляется доминирование матерей. При этом в семействах имеет место относительная стабильность в развитии селекционных качеств.

В системе селекционно-племенной работы каждое семейство представляет генеалогическую группу, в которой испытываются генотипы потомков, определяется сочетаемость их с самцами разных линий и семейств, выявляются комбинационные способности, неаддитивные эффекты, которые могут воспроизводиться в линиях.

6.4. Методы разведения на увеличение степени гетерозиготности потомства

Под гетерозиготным понимают организм (особь), образованный из двух гамет, которые различаются по качеству, количеству или расположению генов. Обычно этим термином обозначают особей, имеющих неодинаковые аллели (например, Aa) в одной или нескольких парах аллелей. При наличии разных аллелей говорят о гетерозиготности. Максимум гетерозиготности по одному гену с двумя аллелями в популяции не превышает 50%. Соотношение генотипов, представляющих собой гетеро- и гомозиготные аллели одного гена зависят от:

системы разведения (размножения); числа аллелей на ген и относительной частоты этих аллелей.

В зависимости от поставленной цели различают несколько методов скрещивания, основанных на использовании аддитивного эффекта генов: вводное, воспроизводительное и поглотительное.

Вводное скрещивание. Цель вводного скрещивания – улучшение продуктивных качеств животных при введении ценных генов улучшающей породы. Вводное скрещивание начинается с однократного скрещивания самок улучшаемой породы с производителями улучшающей породы. В практике улучшающая порода представляется, как правило, небольшим числом производителей. Поэтому отбор самцов улучшающей породы может иметь решающее значение.

В целях восстановления генофонда породы помесных самок осеменяют спермой самцов улучшаемой породы (возвратное скрещивание, $(\text{♀}A \times \text{♂}B) \times \text{♂}A \times \text{♂}A \times \text{♂}A \times \text{♂}B$). Помесных особей второго поколения с $\frac{1}{4}$ генотипа улучшающей породы спаривают с производителями улучшаемой группы. Все помесные самцы $\frac{1}{4}$ генов улучшающей породы выбраковываются. При разведении помесных животных второго поколения следует ожидать расщепления признаков, что может снизить эффективность данного метода.

Вводным скрещиванием в большей или меньшей степени улучшались многие современные отечественные и зарубежные породы. Так, мясные формы молочного скота многих европейских пород были улучшены путем вводного скрещивания главным образом с шортгорнской породой.

В молочном скотоводстве вводное скрещивание эффективно для совершенствования продуктивности бурого скота при скрещивании с быками джерсейской породы.

Воспроизводительное (комбинационное) скрещивание – метод разведения, при котором наследственные задатки двух и более исходных пород комбинируются во вновь созданной породе.

Цель воспроизводительного скрещивания – выведение животных с ценными комбинациями признаков исходных пород. На определенном этапе полученное потомство разводят «в себе» без использования исходных пород.

Схематично в воспроизводительном скрещивании различают три основных этапа. На первом этапе от исходных пород получают помесей второго и третьего поколений, среди которых проводится тщательный отбор по желательному типу. Однако фенотипически ценные помеси характеризуются большой гетерозиготностью, вследствие чего происходит расщепление. На втором этапе ставится задача консолидации наследственности животных, для чего используют гомогенный подбор и инбридинг. Это приводит к увеличению концентрации желательных генов, ограничению изменчивости и получению устойчивых генетических комбинаций. На третьем этапе работы переходят к размножению полученного генетического материала.

Классическим примером воспроизводительного скрещивания является создание (в конце 18 века) орловской породы рысистых лошадей. Большая заслуга в разработке теории и практики в выведении асканийской тонкорунной

породы овец, украинской степной породы свиней принадлежит академику М.Ф. Иванову.

Схема использования голштинских быков при выведении московского типа черно-пестрого скота (с учетом основных принципов воспроизводительного скрещивания) приведена на рис. 12 (А.К. Милуков, 1989).

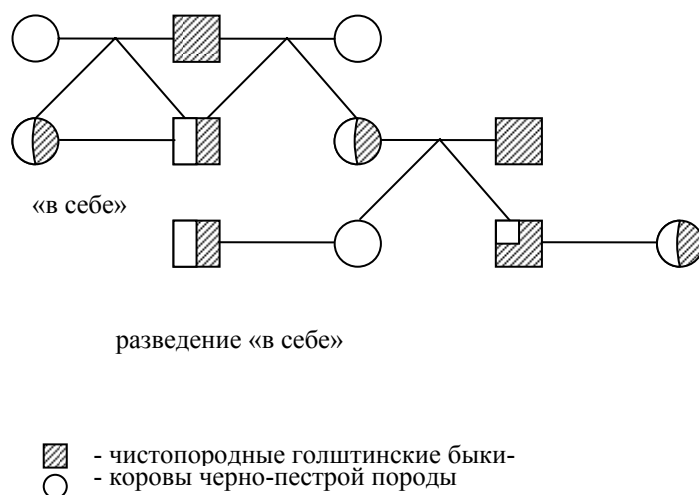


Рис. 12. - Схема выведения московского типа черно-пестрого скота

Полученные результаты свидетельствуют о том, что голштинизированные животные отличались от чистопородных сверстниц более высокими показателями молочной продуктивности (величина удоя за лактацию, продукция молочного жира).

Методом воспроизводительного скрещивания выведены такие мясо-яичные породы кур, как кучинская юбилейная, адлерская серебристая, северокавказские индейки, крупные серые гуси и др.

Поглотительное (преобразовательное) скрещивание – метод скрещивания двух пород в целях коренного улучшения исходной улучшаемой породы.

При этом в каждом нисходящем поколении проводят скрещивание помесных самок с производителями улучшающей породы. Такое скрещивание продолжают до тех пор, пока генотип улучшаемой породы не заменится полностью генотипом улучшающей породы. С каждым новым поколением доля генов исходной породы в генофонде потомков уменьшается вдвое (после четырех поколений снижается до 6,25%, после пяти – до 3,125%). На практике потомство, полученное после 4–5 поколений поглотительного скрещивания, считается чистопородным. Такое изменение, наследственности, вызванное аддитивным действием генов, преобразует генотип улучшаемых животных ($\text{♀A} \times \text{♂B}$) $\times \text{♂B}$ $\times \text{♂B}$ $\times \text{♂B}$).

Эффективность поглотительного скрещивания определяется степенью генетического различия между исходными породами, племенной ценностью производителей, интенсивностью отбора животных, условиями их выращивания и т.д.

6.5. Методы разведения, направленные на получение гетерозиготного потомства пользовательных животных

Данная группа методов разведения применяется для получения помесных (пользовательных) животных. Сюда включают промышленное и переменное (ротационное) скрещивания. Животные, полученные с помощью этих методов, для племенных целей не используются. Лишь в некоторых случаях помесных самок отбирают для репродукции следующего поколения товарных особей.

Межпородное (промышленное) скрещивание. Сущность его – получение помесных гетерозиготных животных первого поколения. В отличие от вышеизложенных методов разведения при промышленном скрещивании, кроме общей комбинационной способности, частично используется специфическая комбинационная способность, приводящая к эффекту гетерозиса. Указанная способность проявляется при определенных сочетаниях исходных родительских пород.

Промышленное скрещивание в зависимости от числа участвующих пород может быть двух- и многопородным. В одном случае получают помесей первого поколения. Во втором случае используют животных трех пород и более. При этом помесей, полученных от двух исходных пород, закрепляют за производителями третьей породы. Мужское поголовье первого и все потомство второго поколения в воспроизводстве не участвуют и используются только как товарные животные. Установлено, что у крупного рогатого скота эффект гетерозиса чаще всего проявляется по признакам откормочной продуктивности, например, по среднесуточному приросту и живой массе помесного молодняка.

Опыт показывает, что для промышленного скрещивания в скотоводстве наиболее пригодны такие специализированные мясные породы, как абердин-ангусская, шароле, герефордская и др.

Многочисленными исследованиями установлено, что в интенсивных условиях выращивания и откорма помесный молодняк на 10–15% превосходит по мясной продуктивности животных исходной материнской формы.

В практике свиноводства применяется двухпородное, трехпородное и четырехпородное промышленное (межпородное) скрещивание. При этом в качестве материнской формы используют, как правило, крупную белую породу, в качестве отцовской – местные (северокавказская, сибирская северная, брейтовская и др.). Для получения трехпородных помесей используются хряки-производители пород ландрас, эстонская беконная и т.д.

В научной литературе отмечается сравнительная эффективность трехпородного скрещивания (величина гетерозиса по репродуктивным качествам превосходила эффект при простом промышленном в 2 раза и более, заметно повышаются показатели откормочной и мясной продуктивности).

Схема равнокровного четырехпородного межпородного скрещивания в свиноводстве включает три ступени: чистопородное разведение, двухпородное скрещивание для получения помесных свинок и хряков и четырехпородное – для производства товарного помесного молодняка ($A+B/2 \times C+D/2 = F_1(0,25A+0,25B+0,25C+0,25D)$).

Внедрить изложенную схему скрещивания в рамках одного хозяйства достаточно сложно. Хотя, по мнению А.И. Овсянникова, отсутствие «поглощенной» наследственности (25% крови каждой породы) создает максимальную противоречивость наследственной основы и тем самым условия для наиболее высокой жизнеспособности потомства.

Переменное (ротационное) скрещивание. По существу это непрерывное промышленное скрещивание. При этом помесных самок используют не как товарных животных, а скрещивают с производителями родительских пород в переменной последовательности для получения нового поколения и эффекта гетерозиса (таблица 17).

Таблица 17 – Схема трехпородного ротационного скрещивания

F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅
A x B = AB	C x AB = CAB	A x CAB = ACAB	B x ACAB = BACAB	C x BACAB = CBACAB
0,5 A 0,5 B 0,0 C	0,25 A 0,25 B 0,5 C	0,625 A 0,25 B 0,25 C	0,3125 A 0,5625 B 0,125 C	0,15625 A 0,28125 B 0,5625 C

Гетерозис возникает на основе генотипического различия между помесными матками и чистопородными производителями.

Двухпородное переменное скрещивание проводится по следующей схеме: самок первого поколения от закрепления животных породы А за группой В скрещивают с производителями породы В; полученных помесных животных снова скрещивают с самцами породы А. В следующем поколении проводят возвратное скрещивание с породой В, затем с А, т.е. (♀А x ♂В) x ♂А x ♂В x ♂А). Генетическая расшифровка переменного скрещивания приведена в таблице 18.

Таблица 18 – Изменение генофонда исходных пород при переменном скрещивании

Поколение	Доля генотипа пород		Соотношение генотипа, %	
I	1/2	1/2	50	50
II	3/4	1/4	75	25
III	3/8	5/8	37,5	62,5
IV	11/16	5/16	68,5	31,5
V	11/32	21/32	34,3	65,7
VI	43/64	21/64	67,2	32,8

После пяти поколений ротационного скрещивания вклад пород в генетический фонд помесей практически уравнивается. Так, доля генов последней использованной породы составляет 67%, первой – 33%. Отсюда при переменном двухпородном скрещивании используется 2/3 или 67% возможного эффекта гетерозиса.

В мясном скотоводстве, кроме двухпородного, используют и трехпородное переменное скрещивание. Так, в производственных опытах Н.Ф. Ростовцева и И.И. Черкащенко показана более высокая эффективность трехпородного переменного скрещивания по сравнению с двухпородным.

6.6. Гибридизация в животноводстве

Гибридизация – скрещивание животных, принадлежащих к разным подвидам, видам и родам, с целью выведения новых пород или получения в ближайшем гибридном потомстве животных, отличающихся, по сравнению с родительскими формами, более ценными хозяйственными свойствами. В зоотехнической литературе, особенно в зарубежной, терминами «гибридизация», «гибрид» довольно широко пользуются при описаниях скрещиваний животных, полученных в результате спаривания представителей разных линий одной породы. Такое расширение понятий гибридизация, гибрид заимствовано из растениеводства, где гибридным считается потомство, полученное путем скрещивания, независимо от видовых, сортовых и линейных различий скрещиваемых растений. В животноводстве с биологической точки зрения не безразлично, является ли данное животное продуктом скрещивания отдаленных в систематическом отношении форм или близких друг другу пород одного и того же вида. В отличие от легко скрещивающихся и плодовитых помесей, гибридные животные зачастую с трудом могут быть получены, а полученные гибриды нередко оказываются частично или полностью бесплодными, что затрудняет или делает невозможным дальнейшее их разведение.

Гибрид – гетерозиготная особь, возникающая в результате скрещивания генетически различных родительских форм или благодаря мутациям в первоначальной гомозиготе. В широком генетическом смысле – любой гетерозиготный организм независимо от его происхождения. В ядрах клеток гибриды несут геномы, различающиеся по своим генетическим или по генетическим и структурным характеристикам. Поэтому различают несколько типов гибридов:

-генетические гибриды, характеризующиеся двумя одинаковыми геномами, но гетерозиготностью по одной или нескольким парам аллелей, в результате слияния двух гамет, отличающихся друг от друга по данным аллелям (независимо от того, происходят ли эти гаметы от родителей с одинаковым или различным генотипом), либо в результате мутации, возникших в зиготе;

-дикариотические гибриды, т.е. гидриды, клетки которых содержат два неслившихся генетически различных ядра, каждое из которых представляет собой гаплоидный набор хромосом разных геномов;

-числовые гибриды, т.е. гибриды, образованные из гамет, различавшихся по числу хромосом;

-перманентные гибриды, т.е. гетерозиготные организмы, дающие совершенно сходное с ними потомство вследствие элиминации гомозиготных фенотипов, которая обусловлена наличием летальных факторов в генотипе этих особей;

-структурные гибриды – гетерозиготные организмы, характеризующиеся двумя одинаковыми по генному составу, но структурно различными геномами.

В зависимости от степени родства скрещиваемых форм различают внутривидовую, межвидовую и межродовую гибридизацию. Последние две являются примером отдаленной гибридизации, к которой относят и гибридизацию различных эколого-географических форм в пределах одного систематического вида.

Внутривидовая гибридизация осуществляется обычно легче, чем отдаленная гибридизация может быть естественной, спонтанной и искусственной, применяемой для изучения наследования признаков, для выведения сортов, а также создания гетерозисных форм и для получения исходного материала в селекции. В зависимости от числа исходных форм различают простую и сложную гибридизацию. В первом случае в скрещивании участвуют две родительские формы – материнская и отцовская. В животноводстве к парным скрещиваниям относят воспроизводительное и вводное скрещивание, применяемое для улучшения отдельных признаков. Различают прямые (А Х В) и обратные (В Х А) скрещивания, носящие название рецiproкных (парные скрещивания). Скрещивание гибридов с одним из родителей, например (А Х В) Х А или (А Х В) Х В, называют возвратным (беккросс); последовательные скрещивания гибрида с несколькими родительскими формами, например [(А Х В) Х С] Х D,—ступенчатыми.

К основным трудностям гибридизации животных относятся многие факторы: различные сезоны спаривания у разных видов животных, особенно у диких; отличия в строении половых органов, затрудняющие акт спаривания; отсутствие полового рефлекса у самца на самку другого вида; слабая жизнеспособность или гибель сперматозоидов в половых путях самок другого вида; отсутствие реакции сперматозоидов на яйцеклетку самок другого вида, делающее невозможным оплодотворение; гибель зиготы, образовавшейся в результате соединения половых клеток животных разных видов, в самом начале развития; нарушения в развитии плода, приводящие к появлению нежизнеспособных уродов; полное или частичное бесплодие гибридов и т. п.

Полное бесплодие у гибридов некоторых видов животных связано с отсутствием конъюгации (попарного соединения) хромосом при редукционном делении из-за несходства между ними, что приводит к беспорядочному распределению их по дочерним клеткам и образованию нежизнеспособных половых клеток. Частичное бесплодие (бесплоден один пол, у млекопитающих обычно самцы) вызывается, по-видимому, нарушением гормональной регуляции в организме гибридов, т. к. в этом случае редукционное деление хромосом протекает нормально, но сперматогенез прерывается на стадии созревания и зрелых сперматозоидов не образуется. Из-за бесплодия самцов дальнейшее разведение гибридов проводят путем скрещивания гибридных самок с самцами одного из исходных видов, что нередко приводит к утере ценных особенностей потомства. В результате разработки методов искусственного осеменения животных и использования их при гибридизации некоторые из перечисленных выше труд-

ностей получения гибридов устранены. По вопросу преодоления нескрещиваемости разных видов при гибридизации, вызванной другими причинами, известны лишь единичные эксперименты.

У гибридного потомства многих видов животных часто возникает явление гетерозиса, более резко выраженного, чем у помесей, в связи с чем гибридизация таких видов с давних времен используется человеком для получения новых хозяйственно ценных форм и пород животных. Наиболее древними в практике животноводства являются гибриды лошади с ослом и зеброй, одногорбого верблюда с двугорбым, яка и зебу с крупным рогатым скотом. При скрещивании лошади с ослом предпочитают получать мулов (мать – кобыла, отец – осел), ценных выючных животных, превосходящих лошадей по работоспособности, выносливости и долговечности и незаменимых в горных районах. Гибриды от скрещивания ослицы с жеребцом – лошаки, значительно уступают мулам по многим качествам и для животноводства ценности не представляют. Мулы бесплодны, поэтому гибридизация ограничивается одним поколением и применяется для получения только пользовательных животных. Лошаки также бесплодны. Гибридов лошади с зеброй (зеброидов) издавна получают главным образом в Африке и используют в районах, где лошади обычно погибают. В пределах семейства лошадиных известны также гибриды осла с зеброй, кулана с ослом, домашней лошади с куланом (конекуланы).

Мул отличается долголетием (до 40-45 лет), сравнительно высокой выносливостью и силой. При работе способен развивать силу тяги на 20-25% больше чем лошадь такой же величины. При этом мул унаследует от ослов большую грубую голову, длинные уши, короткую шею, свислый круп, от лошадей – широкую и глубокую грудь, большие размеры тела, длинный хвост. Мулы нетребовательны к условиям кормления, невосприимчивы к инфекционной анемии, пироплазмозу.

Гибридизация одногорбого верблюда (дромедара) с двугорбым (бактрианом) широко применяется в Азии. Гибриды (нары) значительно крупнее родительских форм и отличаются высокой работоспособностью. Они плодовиты, но скрещивание наров между собой нецелесообразно, т. к. потомство от них по жизнеспособности и выносливости значительно уступает родительским формам. Обычно гибридных самок спаривают с самцами одного из родительских видов, но при систематическом скрещивании с одним видом в след. поколениях резко ухудшается качество потомства, поэтому, для размножения таких гибридов рекомендуется переменное скрещивание гибридных самок с самцами одного вида, а их потомства – с самцами другого.

Наиболее широкие возможности для гибридизации представляются в скотоводстве, т. к. почти все виды подсемейства быков легко скрещиваются между собой и дают, как правило, полностью или частично плодовитое потомство. Практическое значение для скотоводства представляют скрещивания крупного рогатого скота с яком и зебу. Гибриды крупного рогатого скота с высокогорным холодолюбивым видом быков — яком отличаются ярко выраженным гетерозисом в отношении веса, скороспелости и способности к откорму, поэтому ценятся как мясные животные, хорошо приспособленные к суровым условиям

высокогорных районов. Гибридные самки по молочности превосходят яков, но уступают им по содержанию жира в молоке (у яков жирность молока 6 – 7%, у гибридов 4,9 – 5,2%). Высокую жирномолочность яков использовали для повышения жирномолочности симментальского скота путем применения вводного скрещивания. Гибриды крупного рогатого скота с яком хорошо используют высокогорные пастбища. Гибридные самцы бесплодны, самки плодовиты и их спаривают с самцами исходных видов. Гибриды крупного рогатого скота с зебу обычно промежуточны по весу между исходными породами, но наследуют от зебу приспособленность к жаркому субтропическому климату и строение кожи и шерстного покрова, предохраняющее их от клещей – переносчиков пироплазмоза, поэтому представляют особую ценность для р-нов с субтропическим климатом, где акклиматизация заводских пород обычно не удается, или для районов, неблагоприятных по пироплазмозу. Гибриды плодовиты, использовались при выведении новых мясных пород. В США скрещиванием быков браманского зебу с коровами шортгорнской породы получена специализированная мясная порода санта-гертруда. В «Аскании-Нова» путем гибридизации красного степного скота с зебу получен зебувидный скот, который является плодовитым во всех поколениях, что указывает на биологическую близость этих видов. Это подтверждает и одинаковое число хромосом (60 хромосом) зебу и крупного рогатого скота.

Гибридные коровы характеризуются сравнительно большими физиологическими способностями к раздою. При этом установлено, что молочная продуктивность и жирномолочность гибридов первого поколения наследуются промежуточно с уклоном удоев в материнскую форму, а жирности – в сторону отцовской формы. По продолжительности лактации сухостойного периода, сроком полового созревания гибридное потомство не отличается от чистокровных животных материнской основы. Гибридные самки способны к оплодотворению во все сезоны года на 30-70 день после отела.

В производственных условиях наиболее продуктивными по количеству молочного жира за лактацию были гибриды третьего поколения с кровностью 1/8 зебу и 7/8 культурной породы.

Гибридное потомство характеризуется сравнительно неплохими и мясными качествами. При этом эффективность гибридизации крупного рогатого скота и зебу обусловлена во многом оптимальными условиями кормления потомства.

Помимо перечисленных гибридов, в скотоводстве получены также гибриды кр. рог. скота с гаялом, зубром, бизоном, а также гибриды зубра с бизоном (зубробизоны), бизона с яком, зебу, гаялом. Попытки получить гибридов буйвола с крупным рогатым скотом не удаются.

В свиноводстве гибридизация практиковалась в основном для получения гибридов домашней свиньи с диким кабаном, потомство от которых плодовито и отличается крепким телосложением, хотя по продуктивности уступает свиньям заводских пород. Гибридизация использовалась с целью укрепления конституции животных при выведении беркширской породы и белорусских черно-пестрых свиней.

Имеются практические достижения по гибридизации и в овцеводстве. При гибридизации домашних овец с дикими видами – муфлоном и архаром – получают нормально плодовитое потомство, наследующее от диких баранов приспособленность к горным условиям. Эти особенности гибридов были использованы акад. ВАСХНИЛ М. Ф. Ивановым с целью выведения пород тонкорунных овец. Для этого мериносовых овец скрещивали с диким бараном муфлоном, гибридов первого поколения спаривали с баранами-мериносами, а полученное от них потомство разводили «в себе», проводя отбор желательного типа животных. В результате чего был получен горный меринос, сочетавший крепкое телосложение и приспособленность к горным условиям дикого муфлона с неплохими качествами шерстного покрова. Пользуясь методикой Иванова, в Казахстане путем искусственного осеменения мериносовых маток спермой убитого горного барана архара вывели новую породу тонкорунных овец – казахский архаромеринос. Гибридизация овец с козами пока не удается.

Межвидовые гибриды среди птицы встречаются чаще, чем среди млекопитающих. Это связано с большим количеством в отрядах родов и видов, довольно близких друг к другу и меньшей специфичностью половых рефлексов у птиц. В то время представляют интерес гибриды мускусной утки (самцов) с пекинскими утками, так называемые муларды, которые отличаются довольно высокой скоростью роста. От скрещивания петухов с цесарками получены были гибриды. Однако в большинстве случаев межвидовые гибриды в птицеводстве бесплодны. Те из гибридов, которые способны к размножению, менее интересны, т.к. их получают в результате скрещивания довольно близких видов. Слабо выраженное бесплодие гибридов проявляется в виде утраты плодовитости одним полом, тогда, как другой пол оставляет потомство при спаривании с одной из исходных форм. У птицы обычно бесплодны самки.

Определенные успехи по гибридизации имеются в рыбоводстве. Для прудовых рыбоводных хозяйств выведены холодоустойчивые внутривидовые гибриды чешуйчатого и зеркального разбросанного карпа с амурским сазаном, способные жить и нормально развиваться в водоемах северных районов, где культурные породы карпа при первой же зимовке гибнут. Получены межродовые гибриды.

ГЛАВА 7. ГЕТЕРОЗИС В ЖИВОТНОВОДСТВЕ И ПТИЦЕВОДСТВЕ

7.1. Теоретические основы гетерозиса

Гетерозис (нем. Heterosis) (Shull, 1911) – наблюдаемое у гибридов F_1 свойство превосходить по определенным признакам лучшую из родительских форм.

Гетерозис как биологическое явление впервые был обнаружен при межвидовом скрещивании животных. Это и послужило основой для предположения о зависимости его от качества исходных родительских форм.

Одной из первых, получивших широкую известность, является гипотеза доминантных генов, выдвинутая Давенпортом и Брюсом. Эта теория проявления гетерозиса объясняла следующим образом. В процессе эволюции пород животных под влиянием естественного и искусственного отборов наследственные факторы, благоприятно действующие на рост и продуктивность, становятся полностью или частично доминантными, а неблагоприятно действующие – рецессивными. В обычных популяциях животных помесные доминантные гены находятся в гетерозиготном состоянии с неблагоприятными рецессивными. При инбридинге популяции дифференцируются на линии, в которых гены переходят в гомозиготное состояние. При этом линии могут оказаться гомозиготными по разным доминантным генам. Скрещивание их между собой приводит к тому, что у потомков набор доминантных генов оказывается большим, чем у их родителей. Поскольку проявление доминантных факторов в гетерозиготном состоянии не отличается от гомозиготного, а действие рецессивных генов подавляется, то гибриды первого поколения оказываются более мощными.

В схеме, изложенной Х.Ф. Кушнером, эта гипотеза выглядит следующим образом:

первая родительская форма (P_1) имеет генотип $aaBBccDD$;

вторая форма (P_2) – $AAbbCC$;

гибрид первого поколения (F_1) – $AaBbCcDd$.

Почти одновременно с изложенной гипотезой Е. Истом, Г. Шелом и Х. Хейесом была выдвинута другая, получившая название гипотезы сверхдоминирования (Кушнер Х.Ф.). В её теоретической основе лежит предположение о полезной роли разнокачественности родительских гамет, объединяющихся при скрещивании. Согласно гипотезе сверхдоминирования гетерозис определяется гетерозиготностью организма по многим наследственным факторам. Неодинаковые аллели одного и того же локуса, присущие гетерозиготному организму и ответственные за разные процессы биохимического синтеза, лучше, чем гомозиготные аллели, обеспечивают необходимое для процветания организма разнообразие физиологических функций.

Дальнейшее развитие эта гипотеза получила в работе Ф. Хелла, по мнению, которого гетерозиготное состояние двух доминантных аллелей AA_1 обуславливает лучшее развитие организма, чем гомозиготное AA и A_1A_1 . Причина этого заключается в том, что каждый аллель в процессе биохимического синтеза выполняет функции, отличные от функций партнера. В гетерозиготе

такое различие функций обеспечивает комплементарный (дополняющий) эффект.

Однако и эта гипотеза слишком упрощает природу гетерозиса и не дает объяснения некоторым явлениям. Например, общеизвестно, что все количественные признаки имеют полигенную природу наследования, поэтому на один и тот же признак могут влиять несколько пар генов с сверхдоминантным действием и такое воздействие может не быть одинаковым. В указанном случае практически не удастся, используя обычные методы разведения животных, зафиксировать их желательные комбинации в одной линии, поскольку генное действие целиком зависит от гетерозиготности.

Гипотеза генетического (гетерозиготного) баланса разработана И. Лернером и Т. Матером. В последующем эта концепция получила свое развитие в трудах Н.В. Турбина, который считает, что она может способствовать созданию общей теории гетерозиса. Автор считает, что обе конкурирующие концепции гетерозиса (имеется в виду концепция доминантности и сверхдоминантности) не исключают друг друга и, находясь в соответствии с определенными данными, могут рассматриваться как существенные фрагменты общей теории гетерозиса. Возможно, что созданию такой общей теории в будущем может способствовать концепция генетического баланса.

Отправным моментом теории генетического баланса является то, что причинно-следственные связи между признаками и наследственными факторами организма весьма сложны и степень проявления признака является суммарным эффектом многих и разнообразных по характеру своего действия факторов (отрицательного и положительного) и определяется состоянием генетической системы организма в целом. Тот или иной фактор на один признак может оказывать стимулирующее, а на другой, наоборот, тормозящее действие. Отсюда нормальное развитие любого признака зависит от равновесия в действии на него различных наследственных факторов, или, иначе говоря, генетического баланса.

Гипотеза баланса ферментов (биохимическая концепция) основана на том, что явление гетерозиса связано с увеличением показателей количественных признаков у F_1 по сравнению с родительскими формами. Многочисленные авторы исследовали содержание соединений, играющих наиболее важную роль в обмене веществ (аминокислоты, ферменты, пигменты), а также интенсивность процессов ассимиляции и дыхания у тех и других. Полученные результаты оказались разноречивыми, поэтому возникло предположение, что ключевое значение имеет не количество определенных соединений, а сбалансированность метаболитов, кодируемых соответствующими генами (балансовая теория гетерозиса). В подтверждение ей приводится преимущественно отрицательное влияние анеуплоидии на рост и степень уравновешенности процессов в организме.

Как отмечает Г. Фишер, для установления такого баланса существенное значение имеет настройка регуляции в генетической системе, которая обеспечивается благодаря взаимодействиям между генами-регуляторами, генами-операторами и структурными генами. Гетерозиготность регуляторных генов

и операторов, очевидно, способствует улучшению сбалансированности процессов, протекающих в организме. Кроме того, Геринг и Хоффман дополняют, что в основе эффекта гетерозиса могут лежать, во-первых, более высокая интенсивность фотосинтеза; во-вторых, лучшее обеспечение энергией, производимой в процессе окисления субстратов дыхания, и, в-третьих, лучшее соотношение регуляторов роста у гибридов по сравнению с их родительскими формами.

Механизм действия при этом предполагается следующий. Между генами и соответственно белками, проявляющимися после этапов транскрипции и трансляции, с одной стороны, и явлением гетерозиса, с другой, протекают разнообразные метаболические процессы, сбалансированное взаимодействие которых имеет решающее значение для жизнеспособности организмов и их роста. Поэтому при изучении данных процессов наибольшее внимание исследователей привлекают такие соединения, которые занимают ключевые положения в метаболизме. Во многих случаях у гибридов наблюдаются относительно высокие концентрации наиболее важных соединений, но скорость роста гибридов не всегда коррелирует с более высокой концентрацией исследуемых соединений.

Зоотехническая концепция гетерозиса сложилась значительно позже других, и поэтому она является в какой-то мере их производными. Наиболее распространена выдвинутая в числе первых концепция контрастных скрещиваний. Согласно ей эффективность скрещивания связывается в основном с контрастными и противоположными им по направлению различиями в типе телосложения родительских пар. В последующем в связи с полученными при скрещивании различными результатами, необъяснимыми зачастую с позиций концепции, были сделаны ее уточнения. Например, требования выбора пород и подбора особей для скрещивания на основе проверенного эффекта разнородного спаривания с расчетом усиления отдельных признаков продуктивности матери в сочетании с ценными признаками продуктивности отца. При этом не допускаются сочетания резких крайностей.

На основании экспериментальных данных Х.Ф. Кушнер выделил следующие формы проявления гетерозиса:

– гибриды (или помеси) I поколения превосходят своих родителей по живой массе и жизнеспособности;

– помеси I поколения превосходят родительские формы по крепости конституции, долголетию и работоспособности с полной или частичной потерей плодовитости;

– помеси I поколения по живой массе занимают промежуточное положение, но заметно превосходят родителей по многоплодию и жизнеспособности;

– каждый отдельно взятый признак ведет себя по промежуточному типу наследования, а в отношении конечной продукции наблюдается гетерозис;

– помеси (или гибриды) не превосходят по продуктивности лучшую родительскую форму, но имеют более высокий ее уровень по сравнению со среднеарифметическими показателями родителей.

При этом под гетерозисом в основном понимается степень количественного превосходства гибридов (помесей) первого поколения в сравнении с исходными формами с подразделением на гетерозис истинный над лучшей родительской группой; гипотетический – над средней материнской и отцовской формой, обычный – над средней материнской, специфический – над отцовской; гибридная депрессия – снижение признака по сравнению с худшей группой животных.

Таблица 19 – Проявление гетерозиса у гибридной птицы в зависимости от величины наследуемости признака и уровня его отселекционирования

Наследуемость (h^2)	Признаки птицы	Уровень отселекционирования признаков (величина их развития)	Возможность проявления гетерозиса
Низкая – менее 0,20	Яйценоскость; воспроизводительные качества (оплодотворенность, выводимость); сохранность	Высокий Средний Низкий	Средне или слабо выражен. Хорошо выражен. Сильно выражен
Средняя – 0,21—0,40	Живая масса молодняка перед убоем; мясные формы телосложения; половая зрелость; цикл яйценоскости	Высокий Средний Низкий	Отсутствует Слабо выражен Средне выражен
Высокая — 0,41 и более	Масса яиц; живая масса взрослой птицы; масса печени у гусей; масса тушки	Высокий Средний Низкий	Отсутствует -* слабо выражен

В практике животноводства различают эффект и меру гетерозиса. Если гибридное поколение превосходит по одному или большему числу признаков среднее родительских форм, то эффект гетерозиса определяется по формуле:

$$\bar{X} - \frac{(X_M + \bar{X}_O)}{2}$$

\bar{X} – среднее значение признака у гибридов (помесей) первого поколения;
 \bar{X}_M и \bar{X}_O – значение этого признака материнской и отцовской форм.

Это превосходство, выраженное в процентах, представляет меру гетерозиса.

Следовательно, гетерозис определяется в основном следующими факторами:

– погашением вредного действия рецессивных генов у гетерозигот, которое у потомков первого поколения подавляется доминантными аллелями;

– в возникновении гетерозиса аддитивное действие оказывают благоприятные доминантные гены, находящиеся в разном наборе у родителей;

– гетерозис в основном обусловлен благоприятным проявлением генов в гетерозиготах, чем в гомозиготах.

Следует иметь в виду, что максимальный эффект гетерозиса проявляется у помесей (гибридов) первого поколения. И в качестве основных методов практической реализации гетерозиса в животноводстве признаны основные формы межпородного, переменного скрещивания и гибридизации.

7.2. Выведение инбредных линий и топкросс – метода селекции на гетерозис

В племенном животноводстве инбридинг совместно со строгим отбором используется для консолидации определенных желательных качеств, которые проявляются в последующей генерации. Поэтому инбридинг играет большую роль в процессе выведения высокопродуктивных пород и линий животных и птицы. Продолжительный инбридинг позволяет генетически дифференцировать исходный материал и одновременно выделить рецессивные гены. Скрещивание генетически различных групп позволяет отыскать сочетающиеся формы и тем самым использовать эффект гетерозиса.

Один из методов выявления случаев неаддитивного наследования, установления частоты и закономерностей их появления – выведение и скрещивание инбредных линий, что особенно характерно для птицеводства.

Инбредные линии обычно создают отбором наиболее продуктивной и жизнеспособной птицы и спариванием её по типу брат X сестра в течение 4–5 поколений. При этом на первом этапе работы приходится закладывать большое число инбредных линий, так как многие из них вследствие инбредной депрессии вырождаются и только 10–20% таких линий могут выжить и быть испытаны на сочетаемость. Важное место при отборе птицы инбредных линий отводится оценке производителей по качеству потомства.

Для выведения линий с коэффициентом инбридинга свыше 50% обычно требуется спаривание полных сибсов в течение 4–5 поколений. Тесный инбридинг дает возможность закрепить в потомстве желательные генетически обусловленные качества. Кроме этого, интенсивный отбор и выбраковка могут привести к уменьшению variability среди инбредных птиц и потере ряда ценных свойств. Одновременно в линиях может произойти выщепление нежелательных и рецессивных летальных и полуметальных генов, если они были у исходной популяции.

Выведение инбредных линий лишь первый этап работы в общей системе родственно-гетерозисного разведения. Второй этап – проверка инбредных линий на комбинационную способность, позволяющую реализовать способность гетерозиса. Это происходит лишь в том случае, если скрещиваемые инбредные линии генетически дифференцированы, а хозяйственно-полезные признаки находятся в благоприятном сочетании. Следовательно, повышение продуктивности и жизнеспособности гибридного потомства достигается только через по-

вышение гетерозиготности тех генов, которые в определенной степени проявляют взаимодействующий эффект. Испытание инбредных линий на сочетаемость проводят при скрещивании линий одной породы (инкросс) или различных пород (инкроссбридинг). Комбинация между двумя линиями одной или двух пород называют простым скрещиванием, а продукт такого скрещивания – двухлинейным гибридом.

Этот двухлинейный гибрид, как правило, не конечный продукт. Его используют в скрещивании для получения четырехлинейных гибридов.

Трудности выведения и сохранения инбредных линий вызвали необходимость разработки других методов получения эффекта гетерозиса, минуя процесс создания линий с высоким коэффициентом инбридинга. Один из таких методов – топкросс.

Под топкроссным методом селекции на гетерозис понимается спаривание петухов инбредных линий с курами неинбредных линий или открытых популяций. Топкроссный метод селекции в основном используется для оценки общей комбинационной способности инбредных линий – испытательный топкросс, в котором спаривают петухов всех инбредных линий с курами одного аутбредного стада (тест-группа). Общую комбинационную ценность отдельных инбредных линий оценивают по средней продуктивности гибридных потомков, так как гаметы особей исходной популяции генетически эквивалентны гаметам особей случайных инбредных линий, выведенных из исходной популяции без селекции. Если продуктивность гибридов, полученных от скрещивания одной из линий с тест-группой, будет выше, чем в среднем по всем гибридам остальных сочетаний, то их общую комбинационную способность оценивают как положительную.

Обобщение данных опытов показывает, что более высокие результаты продуктивности гибридного потомства получают при применении топкросса в сравнении со скрещиванием инбредных линий. Коэффициент корреляции инбредная линия – тест-группа находится в пределах +0,80 и между инбредными линиями около +0,40. Изучение комбинационной способности инбредных линий с помощью испытательного топкросса позволило достичь положительной регрессии в основном для массы тела и быстроты оперяемости бройлеров и массы яиц кур. По остальным показателям продуктивности данные разных исследований весьма противоречивы, что можно объяснить, по-видимому, различиями схем топкросса, генетическим материалом и условиями, в которых проводили скрещивания и испытания гибридного потомства.

Другими методами селекции на гетерозис без использования тесного инбридинга, для которых характерно сверхдоминирование, являются периодическая селекция на тест-линию и периодическая реципрокная селекция.

7.3. Периодическая селекция и периодическая реципрокная селекция в системе гетерозиса

Принцип периодической селекции основан на скрещивании самцов и самок улучшаемой популяции с самцами и самками отселекционированной инбредной линии или кросса инбредных линий (тестеры). При этом для дальней-

шего разведения отбирают таких особей, которые при скрещивании с тестером дают потомство с эффектом гетерозиса. Для осуществления системы периодической селекции вначале производят выбор линий и индивидуумов по их продуктивным и племенным качествам. Отобранных особей спаривают с петухами инбредной линии для выявления хорошо сочетающихся пар. На втором этапе самок с наследственно обусловленной комбинационной способностью испытываемой популяции спаривают с лучшими в племенном отношении самцами этой же группы для размножения. На третьем этапе размноженных, сочетающихся самок скрещивают с самцами инбредной линии для производства промышленных гибридов и выявления новых комбинаций с более высоким эффектом гетерозиса. Этот процесс продолжается непрерывно.

Следовательно, вся работа периодической селекции базируется на скрещивании лучших, отобранных из какой-то неотселекционированной популяции, самок с самцами отселекционированной линии (тестер). В дальнейшем отобранных на основе оценки по качеству потомства лучших особей популяции спаривают для расширенного воспроизводства наиболее ценных форм.

Превосходство реципрокной периодической селекции заключается в том, что она позволяет полностью использовать гетерозис путем выявления наилучших сочетаний родительских пар, за исключением получения инбредных линий или инбредных производителей.

При периодической реципрокной селекции работу ведут с двумя популяциями или линиями, которых скрещивают между собой. На основе оценки по качеству гибридного потомства лучшие родительские формы воспроизводят, а селекцию с использованием групп птиц и лучших особей в реципрокных кроссах продолжают.

7.4. Определение сочетаемости в системе скрещиваний и гибридизации

С эффектом гетерозиса связано понятие о комбинационной способности, степень проявления которой у различных спаривающихся групп животных и птиц варьирует. Поэтому племенную ценность родительских линий, используемых в скрещивании, определяют не только показателями продуктивности, но и их способностью оставлять при скрещивании потомство с эффектом гетерозиса.

Видное место в раскрытии генетической природы сочетаемости в животноводстве занимают работы ученого И. Шмидта, который впервые организовал эксперимент по диаллельному скрещиванию двух производителей с одними и теми же самками. Глубокие исследования по этой проблеме были проведены учеными Дж. Шеллом, Е. Истом и Д. Джонсоном.

Сочетаемость – способность специализированных исходных форм производить гибридное потомство, продуктивность которого превосходит таковую у родителей.

Достаточно многочисленные работы позволили выделить следующие понятия:

- общая комбинационная способность, когда при скрещивании данной ли-

нии с разными генотипами получается гетерозисное потомство (измеряется эта способность средней величиной гетерозиса по всем гибридным комбинациям с участием данной линии). Комбинационная способность является сравнительно относительной мерой, абсолютной меры не существует. По Хейсу и Джонсону комбинационная способность – генетическое свойство, зависящее от достаточно большого количества генов со слабым индивидуальным действием. При этом почти, что каждая инбредная линия содержит специфический комплекс благоприятных для комбинационной способности генов.

- специфическая комбинационная способность (проявление гетерозиса при сочетаниях данной линии с особями только определенной линии). Степень проявления гетерозиса в данном случае измеряется величиной отклонения определенного показателя продуктивности конкретного сочетания линий от средних показателей по всем гибридным комбинациям в диаллельных (две линии) и полиаллельных (несколько линий) скрещиваниях.

Понятие специфичности относится к характеристике действия гена и охватывает локализацию, морфологию и степень изменчивости признака, обусловленного данным геном.

В математической символике значение этих типов комбинационной способности может быть выражено следующим образом:

$$Г (AB) = ОК (A) + ОК (B) + СК (AB),$$

где Г (AB)—генетически обусловленная продуктивность гибридов AB; ОК – общая и СК – специфическая комбинационная способность линий A, B и их гибридов AB.

Смысл диаллельных и полиаллельных скрещиваний заключается в том, чтобы одновременно получить потомство внутрилинейных и реципрокных скрещиваний с другими линиями. Например, при диаллельном скрещивании двух линий A и B получают потомство типа AA и BB гомогенная форма подбора, а также AB и BA гетерогенный подбор. Выращивание и содержание всего потомства в одинаковых условиях позволяет выявить, проявляется ли гетерозис, превосходят ли по продуктивности гибриды AB и BA линии AA и BB. Одновременно выясняется генетическое поведение каждой линии в отцовской и материнской форме. Таким же путём выясняется сочетаемость между собой и большего числа линий в полиаллельных скрещиваниях. При этом число сравниваемых групп составит p^2 , где p – число линий. Для трёх линий это будет 9, для четырёх – 16 групп т.д. (из них число гибридных групп составит $p^2 - p$).

Таблица 20 – Схема полиаллельных скрещиваний

Гаметы самок	Гаметы самцов		
	A	B	C
A	AA	AB	AC
B	BA	BB	BC
C	CA	CB	CC

Если показатель гибрида выразить в процентах от какой-либо одной родительской линии, то отклонение в ту или иную сторону от 100 можно отнести за счёт влияния на этот признак другой родительской линии и их взаимодействия. Если признак гибрида превосходит признак материнской линии, то в первом приближении это можно отнести к влиянию отцовской линии. Таким образом определяют отцовский или материнский характер линий.

В то время, как характер линий в разных сочетаниях определяется взаимодействием различных локусов. Отмечается, что линии, показавшие себя при производстве гибридов положительно, как отцовские, также оказывают положительное влияние на гибридов и в качестве материнских линий в реципрокных скрещиваниях (хотя гетерозиса может и не быть).

По-видимому, такое различное поведение может определяться тем, какая из них несёт больше генов доминирующих или сверхдоминирующих или генов, дополняющих генотип другой линии (комплементарное действие генов).

Для отцовской линии имеет значение и гомогаметность петуха: две половые хромосомы – это две дозы влияния на признак по сравнению с одной половой хромосомной курицы. Для признаков, сцепленных с полом, гомогаметность приобретает ещё большее значение.

На общую комбинационную способность преимущественное влияние оказывают аддитивные гены и эпистаз. Эффекты специфической комбинационной способности, могут быть результатом доминирования, эпистаза, взаимодействия генов и условий внешней среды и других неаддитивных генов.

Специально проведенные опыты показали, что с увеличением степени инбридинга и генетической дифференцировки исходных линий роль специфической комбинационной способности возрастает. Это имеет прямое отношение к прогнозированию результатов скрещиваний на основе показателей родительских форм.

Установлено, что комбинационная способность – наследственный признак и может быть изменена путем селекции. При этом на основные признаки продуктивности более сильное влияние оказывает общая комбинационная способность, чем специфическая.

Описанные приемы выявления комбинационной способности (топкросс, периодическая селекция на тест-линию и реципрокная периодическая селекция) – пока основные методы повышения эффективности использования гетерозиса путем улучшения сочетаемости родительских пар.

Лаш рассматривал систему диаллельных скрещиваний как средство изучения генетического состояния и получения сведений о генетических параметрах по селекционируемым признакам в линиях.

Однако надо иметь в виду, что в теоретической основе и практическом использовании метод диаллельных скрещиваний имеет некоторые недостатки. Особенно это относится к системе реципрокных скрещиваний для отыскания наилучших сочетаний линий и выделения отцовских и материнских форм. В связи с этим возникает необходимость в прогнозировании продуктивности кроссов для ограничения числа скрещиваний.

Схема анализа результатов диаллельных скрещиваний может изменяться в зависимости от того, скрещивают линии одинакового или разного направления продуктивности. Рассмотрим такие случаи на конкретных примерах.

В основу анализа результатов диаллельных скрещиваний линий одинакового направления селекции взят метод, предложенный Гриффингом, который может изменяться в зависимости от того, будут ли включены в испытания реципрокные скрещивания и родительские формы. Исходя из этого, возможны четыре математических метода определения общей и специфической комбинационной способности, когда в испытания включают:

– гибридное потомство F_1 от скрещивания всех линий реципрокно с включением родительских форм — всего P_2 комбинаций;

– родительские линии и гибриды F_1 от прямого скрещивания — всего $0,5(P+1)$ комбинаций;

– гибридное потомство F_1 от скрещивания всех линий реципрокно без включения родительских форм — всего $p(p-1)$ комбинаций.

– только прямые скрещивания F_1 без родительских линий и реципроков — всего $0,5(P+1)$ комбинаций.

Каждый метод позволяет проводить дифференцированную форму анализа.

Исследовали четыре линии кур (условно обозначенные заглавными буквами алфавита -- Б, Г, Т и А) яичного направления селекции. Коэффициент инбридинга, вычисленный по Райту, в линиях не превышал 30%. В результате диаллельных скрещиваний линий по схеме каждая с каждой реципрокио было получено 6 вариантов прямых и 6 обратных гибридных комбинаций и 4 варианта от внутрилинейных спариваний. Несушки каждого варианта получены от двух петухов и пяти групп кур-сестер численностью около 30 голов. Условия выращивания молодняка и содержания взрослых кур были одинаковы для всех групп. От каждого варианта скрещивания на испытании находилось в среднем по 30 дочерей. Эффект гетерозиса по яйценоскости гибридных кур рассчитывали относительно среднего показателя обеих родительских линий.

Таблица 21 - Среднее значение яйценоскости (шт.) гибридных и чистопородных кур

♂	Прямые (♀)				Σxi	♀	Обратные (♂)				Σxi
	Б	Г	Т	А			Б	Г	Т	А	
Б	209,1	208,6	224,1	218,4	860,2	Б	209,1	223,9	229,1	206,3	868,4
Г	208,6	206,5	212,6	207,5	835,2	Г	223,9	206,5	225,1	219,1	874,6
Т	224,1	212,6	213,3	215,3	865,3	Т	229,1	225,1	213,3	226,0	893,5
А	218,4	207,5	215,3	211,0	852,2	А	206,3	219,1	226,0	211,0	862,4

Первый шаг математического анализа заключается в установлении генетических различий между испытуемыми гибридами, которые определяются дисперсионным методом.

Вычисление коэффициента внутриклассовой корреляции позволяет выделить доли изменчивости, обусловленные генотипическим влиянием, выраженные в процентах к общему разнообразию, обусловленные неучтенными в эксперименте факторами – условиями внешней среды.

Очередной этап работы – анализ разнообразия, обусловленного наследственными особенностями гибридных комбинаций с целью выделения вариантов общей и специфической комбинационной способности, а также реципрокных эффектов испытываемых линий.

Следующий этап – вычисление эффектов общей и специфической комбинационной способности. Вычисления ведут для каждой линии.

Наибольший эффект от реципрокно-периодической селекции получают тогда, когда обрабатывают на сочетаемость две линии.

Если структура кросса установлена на основании проверки линий на сочетаемость в скрещиваниях, определено место линий в кроссе (материнские и отцовские в материнских и отцовских формах), то чаще всего в селекции на повышение комбинационной способности этих линий применяют прямое скрещивание отцовской линии из отцовской формы с материнской линией отцовской формы и с линиями материнской формы. Схема прямого скрещивания одной из линий отцовской формы с другими линиями кросса приведена ниже.

1. Отобранные самцы Ах самки Б
2. Отобранные самцы Ах самки В
3. Отобранные самцы Ах самки Г

- Отобранные
1. Лучшие самцы А при оценке на КС с самками Б самки Ах.
 2. Лучшие самцы А при оценке на КС с самками В
 3. Лучшие самцы А при оценке на КС с самками Г

1. Отобранные самцы Ах самки Б
2. Отобранные самцы Ах самки В
3. Отобранные самцы Ах самки Г
- 4.

- Отобранные
1. Лучшие самцы А при оценке на КС с самками Б самки Ах
 2. Лучшие самцы А при оценке на КС с самками В
 3. Лучшие самцы А при оценке на КС с самками Г

При изучении сочетаемости линий наибольший интерес представляет сравнительная оценка их особенностей, которая позволяет делать выводы об эффективности их использования в скрещиваниях. Для общей комбинационной способности это делают путем сравнения полученных эффектов этого источника разнообразия, методом ранговой оценки. Более сложным представляется вопрос о сравнении специфической комбинационной способности линии, которая использована в нескольких кроссах со специфической сочетаемостью другой линии, входящей в иные комбинации. Такое сравнение может быть выполнено путем вычисления оценки вариантов специфической комбинационной спо-

способности каждой родительской линии для основных хозяйственно-полезных признаков.

На основании оценки эффектов реципрокных комбинаций можно заключить, что одни линии в скрещивании лучше использовать в качестве отцовских, другие – в качестве материнских. Некоторые линии иногда рекомендуются использовать как материнских и отцовские формы, но в определённых комбинациях.

В тех случаях, когда в скрещиваниях используют линии, селекционируемые по разным признакам продуктивности, модель Гриффинга для оценки комбинационной способности не применяется. В данном вопросе первый шаг статистического анализа комбинационной способности – определение генетических различий между гибридами с выделением доли влияния генотипов на разнообразие продуктивного признака особей.

Долю влияния определяют дисперсионным методом. При существенности генотипических различий проводится анализ комбинационной способности линий.

Применение топкроссов (скрещивание инбредных самцов с неродственными самками) для испытания линий по комбинационной способности в животноводстве в настоящее время достаточно ограничено. Линии, показавшие низкую комбинационную способность в топкроссах, как правило, дают неудовлетворительные результаты в диаллельных скрещиваниях.

Опытами доказано, что комбинационная способность исходного материала, используемого в топкроссах, зависит не только от генотипа линии, но и от генотипа анализатора. При этом коэффициенты регрессии для разных селекционируемых признаков различны. Чаще всего высокие коэффициенты регрессии характерны для живой массы, интенсивности яйцекладки, выводимости, т.е. для признаков с высоким показателем общей комбинационной способности.

Признаки, для которых большее значение имеют специфическая комбинационная способность (сохранность птицы, возраст снесения первого яйца и др.), показатели инбредных линий, не могут быть использованы.

Многие исследователи отмечают, что индивидуальность линий, отмечаемая в топкроссах, проявляется на достаточно ранних стадиях инбридинга, сохраняясь в последующих поколениях, и что между комбинационной способностью и степенью инбридинга связи нет. Это имеет существенное значение для оценки линий по общей комбинационной способности на ранних этапах применения инбридинга.

Для сравнения продуктивности родительских форм и топкроссного потомства рассчитываются коэффициенты регрессии. Как и в диаллельных скрещиваниях, основной приём математического анализа полученных результатов – выявление генетических различий между топкроссными комбинациями. В то же время не следует полагать, что каждый инбредный производитель, какова бы ни была его продуктивность, будет давать качественное потомство при топкроссах лишь потому, что он инбредный.

Эффективность при топкроссах может быть гарантирована в случаях, когда используют тщательно отобранных производителей, выведенных в схемах

родственного спаривания при одновременной селекции в направлении повышения основных продуктивных качеств.

Метод топкросса можно использовать в селекционной работе для предварительной оценки комбинационной способности линий кур в отношении признаков с высокой общей комбинационной способностью и большим показателем коэффициента регрессии с целью отбора или исключения генотипов на раннем этапе работы.

Особенно это относится к методу диаллельных скрещиваний, когда на основании оценки комбинационной способности линий птицы можно определить коэффициенты наследуемости путём выделения вариансы общей комбинационной способности, зависящей от аддитивного эффекта генов, и вариансы специфической комбинационной способности, обусловленной неаддуктивным (доминантным и эпистатическим) действием генов.

ГЛАВА 8. МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЖИВОТНЫХ К ЗАБОЛЕВАНИЯМ

8.1. Генетические основы устойчивости животных Наследственные дефекты и наследственные заболевания

Устойчивость животных к заболеваниям во многом определяется наследственностью. Наследственные факторы принимают своё непосредственное участие в формировании патологических процессов. При этом наследственность может выступать в качестве этиологического фактора или играть определённую роль в патогенезе заболевания. В зависимости от доли участия наследственных факторов болезни можно разделить на группы:

– наследственные болезни, этиологическим фактором которых являются мутации. К этой группе относятся все хромосомные и генные наследственные болезни, включая генетические дефекты и аномалии;

– болезни, обусловленные комбинацией генетических и средовых факторов. Эту группу относят к категории заболеваний с наследственным предрасположением, где генетическая устойчивость в популяции животных поддерживается определённым уровнем или порогом;

– болезни, в которых наследственность участия не принимает. Эта группа включает большинство травм, ожогов, некоторые инфекционные и другие заболевания.

Приведенная схема категорий болезней в известной степени условна, хотя даёт возможность оценить относительное значение наследственности и среды в развитии заболеваний. В практике встречаются модификации, вызванные действием факторов среды, фенотипически неотличимые от сходных изменений, возникших в результате действия генов. Такие модификации называются фенкопиями. Они не являются наследственными модификациями, т.к. генотип остаётся неизменным. В животноводстве много примеров фенкопий среди наследственных уродств. Так, недостаток таких жизненно необходимых веществ, как витамины и микроэлементы во время беременности самок может привести к ряду уродств, сходных с генетически обусловленными дефектами.

Важным критерием различия между разными категориями болезней служит тип наследования. К первой группе относят заболевания, возникновение которых связано с мутацией в одном или нескольких локусах (олигоген). Формирование болезней второй группы обусловлено полигенами, частично в форме модифицирующих генов. Для пенепрантности мутантных генов необходимо соответствующее состояние животного, обусловленное вредными влияниями среды. Если болезни первой группы представляют моногенные (простые) качественные признаки с прерывистой изменчивостью, то вторая группа включает пороговые признаки также с прерывистой изменчивостью, но с полигенным наследованием. Типичным примером порогового признака служит резистентность к инфекциям. В этом случае животных можно разделить только на резистентных (выживающих) и восприимчивых (погибающих).

В противоположность фенотипической (прерывистой) изменчивости генотипическая изменчивость резистентности носит непрерывный характер.

Основные генетические различия между первыми двумя группами болезней указаны в таблице 22.

Принципиальная схема болезней в зависимости от участия наследственных факторов является предпосылкой для изучения генетической устойчивости.

Таблица 22 – Наследственные болезни и болезни с наследственной предрасположенностью

Генетическая характеристика признака	Наследственные болезни и дефекты	Болезни с наследственной предрасположенностью
Обусловленность	Генетическая	Генетическая и средовая
Форма изменчивости в популяции	Прерывистая	Скрытая непрерывная
Тип наследования	Моногенный (олигогенный)	Полигенный
Генетический анализ	Гибридологический (правила Менделя)	Генетико-статистический

Хромосомный набор организма может изменяться под влиянием разных причин. Это ведет к нарушению генного баланса и, как следствие, к нарушениям развития, известным как хромосомные болезни. С помощью цитогенетического анализа устанавливают этиологию хромосомных болезней – численных или структурных изменений хромосом или хромосомных аббераций. В большинстве случаев хромосомные аномалии вызывают гибель зигот и эмбрионов, что приводит к снижению плодовитости маток. В то же время хромосомные аномалии не всегда обуславливают гибель зародыша. В таких случаях стельность коровы заканчивается рождением теленка с хромосомной аномалией.

Среди хромосомных аномалий или аббераций различают численные и структурные изменения хромосом. К первым относят изменения, касающиеся числа хромосом, не затрагивающие их структуры и не нарушающие целостности (полиплоидия и анеуплоидия).

Полиплоидии (кратное увеличение хромосом) подвержено 0,1 % клеток у скота. Высокая частота полиплоидии установлена у животных допеллендеров, имеющих гипертрофию мышц. Полиплоидия может явиться причиной абортос на всех стадиях стельности коров.

Анеуплоидия (некратное изменение числа гаплоидных наборов) встречается у 7,6 % клеток крови скота. На повышение частоты анеуплоидии влияет степень инбридинга, который может нарушать нормальный процесс мейоза.

Анеуплоидии делятся на геносомные и аутосомные. В скотоводстве наиболее часто встречается геносомная трисомия с синдромом XXУ. При трисомии хромосомный набор содержит на одну хромосому больше, чем обычно. Она возникает в результате нерасхождения хромосом в мейозе и приводит к снижению жизнеспособности, продуктивности и плодовитости. Для синдрома XXУ молочного

скота характерны, нарушения роста и развития (кастратный тип), выраженная двусторонняя гипоплазия семенников, пониженная половая функция и т. д. У скота выявлена и аутосомная трисомия по хромосомам № 18 и 19, сопровождающаяся укорочением костей верхней челюсти и врожденным асцитом.

Анеуплоидия может происходить и в соматических клетках. В этом случае их называют соматическими мутациями, к которым относятся мозаики и химеры. Числовое нарушение половых хромосом приводит к химеризму или мозаицизму (XX/X_Y), которые являются причиной возникновения интерсексов или других аномалий генитальных клеток. В скотоводстве эти хромосомные аномалии вызывают интерсексуальность и ее выраженную форму – гермафродитизм, который проявляется у разнополых (двуяйцевых) телок. Такие телки-фримартины характеризуются аномалиями половых органов, приводящими к бесплодию. Появление женского полового хроматина в ядрах клеток быков сопровождается снижением половой функции.

Структурные изменения хромосом включают делению (утрата части хромосомы без ее переноса на другую), дупликацию (удвоение какого-либо хромосомного участка), инверсию (вставочный сегмент хромосомы повернут на 180°) и транслокацию (перемещение участка между хромосомами).

У ряда пород скота установлен межхромосомный тип транслокации, когда соединяются между собой в области центромер акроцентрические хромосомы первой (самая большая) и 29-й (самая малая) пар, образуя новую хромосому 1/29. Этот тип перестройки хромосом носит название транслокации Робертсоновского типа или центрического слияния. В этом случае число хромосом уменьшается до 59. Аутосомная транслокация 1/29 выявлена в таких породах скота, как шведская красно-пестрая, немецкая красно-пестрая, норвежская красная, айрширская, шароле, лимузин, симментальская, белая аквитанская и др. Распространение ее в разных популяциях скота неодинаковое и может достигать до 20 %. Установлено, что данный тип транслокации хромосом приводит к яловости и бесплодию коров. Учитывая это, а также широкий обмен спермой племенных быков, происходящих из разных популяций, вводится контроль кариотипа самцов, использующихся на племпредприятиях и станциях по искусственному осеменению.

Исследования показывают, что хромосомные аномалии у скота связаны с продуктивностью, плодовитостью, состоянием здоровья и жизнеспособностью животных. Диагноз типов повреждений хромосом получил хорошую методическую базу в связи с разработкой точных методов идентификации хромосом и их участков. Поэтому цитогенетическую диагностику необходимо шире использовать в селекционной практике, а также для выявления и профилактики наследственных заболеваний у животных.

В животноводстве установлен ряд дефектов (аномалий) и болезней, обусловленных мутациями в генетическом аппарате клеток.

Аллели, вызывающие такие дефекты и болезни, в зависимости от пенетрантности делятся на летальные, полулетальные и сублетальные. Поражаются дефектами и гибнут большей частью те животные, у которых эти аллели находятся в гомозиготном состоянии.

Летальными факторами называются аллели, вызывающие гибель животных до достижения ими половой зрелости, т. е. до образования гамет. Если та-

кие факторы вызывают гибель свыше 50 % особей, их называют полулетальными факторами. Гены, обуславливающие гибель менее 50 % животных, называют субвитальными. Между этими группами имеются промежуточные формы с разной степенью пенетрантности аллелей, зависящей от среды и генофонда.

В селекции молочного скота большое внимание уделяют субвитальным факторам, т. к. животные с ярко выраженной слабой жизненностью в разведении не используются. Субвитальные факторы в животноводстве связаны с генетическими особенностями индивидов, семейств, линий и пород. Относительная частота генов с летальным, полулетальным и субвитальным действием у разных видов, пород и линий неодинакова.

Для оценки генов, вызывающих наследственные дефекты, важно знать их частоту в популяции животных и закономерности их распространения.

Если признак определяется локусом с двумя аллелями (A и a с частотами p и q), в популяции возможны три различных генотипа (AA , Aa и aa с частотами r , s и t *) Частоты генов определяются следующим образом:

$$p = r + \frac{s}{2} \quad q = t + \frac{s}{2} \quad 1 - p = t + \frac{s}{2}$$

Определение частоты наследственных аномалий осуществляется через непосредственное наблюдение и подсчет фенотипов, вычисление частоты генов.

Если гетерозиготы (Aa) фенотипически отличаются от доминантных гомозигот (AA), или если имеет место кодоминантное наследование, то наблюдаемые фенотипы идентичны генотипам.

При других типах наследования частоту генов определяют с помощью методов популяционной генетики по формуле Харди-Вайнберга. В качестве примера приводится определение частоты генов по частоте носителей наследственного дефекта.

Таблица 23 – Определение частоты гена, вызывающего несовершенный эпителиогенез A_2 , по частоте носителя этой наследственной болезни

Генотип	Частота генов
AA (отсутствие аномалии)	p^2
Aa (носитель гена)	$2pq$
aa (носитель аномалии)	q^2
	$q^2 = 0,025$
	$q = \sqrt{q^2} = 0,05$
	$p = 1 - q = 0,95$

Следовательно, частота генов, обуславливающих данную наследственную аномалию, составляет в популяции 0,05.

Определение наследственных аномалий. Диагностика включает выявление патологических признаков (видимых фенотипических отклонений) у животных и доказательство их наследственной обусловленности.

Для особо ценных животных с нормальным фенотипом при выявлении вредных рецессивных аллелей используют тест на гетерозиготность.

Диапазон диагностических методов очень широк. Все эти методы можно разделить на обычные и специальные. К первым относятся методы фенотипической оценки животных, методы патологической анатомии, гистологии и патофизиологии. Вторые, имеющие более важное значение, включают в первую очередь цито- и иммуногенетические методы.

Для доказательства наследственной обусловленности фенотипических отклонений проводят анализ родословной, оценку по потомству, оценку самого пробанда и скрещивания. Необходим так же генетико-статистический анализ полученных данных наблюдений.

Из анализа родословной можно выявить: а) у каких животных проявлялся патологический признак; б) какие животные были фенотипически нормальные; в) каковы родственные связи между животными, записанными в родословной. Тщательный анализ генеалогии животного позволит определить тип наследования отклонения (доминантный или рецессивный).

Если рассматривать только поколения потомков и родителей, то возможны четыре основных типа родословных:

- пробанд – единственный носитель аномалии (тип *S*);
- кроме пробанда, имеется еще один или несколько носителей дефекта среди сибсов (тип *G*);
- среди сибсов родителей зарегистрированы одно или несколько животных с аномалией (тип *U*);
- носитель фенотипического отклонения – один из родителей (тип *R*).

Типы *S* и *G* указывают на рецессивный, тип *R* – на полностью доминантный, тип *U* – на неполно доминантный характер аномалии.

Испытания животных на рецессивные нежелательные гены.

Оценка генотипа животного в отношении генов, вызывающих наследственные болезни и аномалии, не представляет трудности. Доминантный ген проявляется как в гомо-, так и в гетерозиготном состоянии. Рецессивный ген дает эффект лишь в гомозиготном состоянии, т. е. в двойной дозе. Какова частота распространения таких генов в одинарной дозе (в гетерозиготном состоянии), можно проверить путем соответствующих скрещиваний.

Некоторые рецессивные нежелательные гены проявляются у всех видов и пород сельскохозяйственных животных. Так как в гетерозиготном состоянии они не проявляют своего вредного действия и не находятся под контролем естественного отбора, то они могут сохраняться в течение нескольких поколений. В скотоводстве снижение частоты рецессивных генов достигается, прежде всего, выбраковкой производителей, гетерозиготных по этим генам. Путем испытания по потомству можно установить, является ли производитель носителем рецессивного гена до его широкого использования в популяции.

Для испытания животных на гетерозиготность в животноводстве используют следующие методы: скрещивание с самкой-носителем гена, скрещивание с известной гетерозиготой, скрещивание с собственными дочерьми, скрещивание с дочерьми известных гетерозигот, скрещивание с неизвестными по генотипу животными.

В селекции молочного скота наиболее эффективным является последний метод. Этот метод испытания быков не требует специальных предварительных скрещиваний, если производителей оценивают по качеству потомства. В основе данного метода положены следующие генетико-статистические положения.

При скрещивании двух гетерозигот ($Aa \times Aa$) возможны лишь четыре комбинации мужских и женских гамет (AA, Aa, aA, aa). Следовательно, происходит расщепление рецессивных гомозигот (aa) в размере $1/4$. Из четырех возможных комбинаций гамет при комбинации (AA, Aa и aA) формируются три генотипа без вредного эффекта рецессивного гена. Фенотипически такие животные являются нормальными. Следовательно, у я-потомков вероятность, что они не будут иметь фенотипических отклонений, составит $(3/4)^n$, а $(1/4)^n$ потомков будет иметь фенотипические изменения, вызванные двойной дозой рецессивного гена. При искусственном осеменении, когда спермой быков осеменяется большое число самок, можно «автоматически» испытать производителя на его носительство в генотипе дефектных генов. В селекции молочного скота этот метод обозначается как практический или «автоматическая проверка».

При искусственном осеменении применяется автоматическое ранее испытание быков на рецессивные дефектные гены. Его проводят одновременно с оценкой племенной ценности быков по молочной продуктивности и другим хозяйственно полезным признакам. Так как результаты получают уже к концу первого – началу второго года, то быка с гетерозиготным генотипом можно заблаговременно исключить из дальнейшего разведения.

Для эффективного использования этого метода необходимо точное знание всех аномалий. Нужно регистрировать всех мертворожденных, абортированных и дефектных потомков и подвергать их тщательному исследованию, чтобы установить тип наследования врожденных аномалий и разработать необходимые селекционные мероприятия.

8.2. Заболевания животных с наследственной предрасположенностью и методы селекции на устойчивость к болезням

Данная категория заболеваний представляет самую обширную группу всех болезней. К таким болезням относят:

- инфекционные заболевания животных, вызванные вирусами, бактериями, простейшими и грибами;
- паразитарные болезни, обусловленные экто- и эндопаразитами;
- алиментарные болезни и заболевания обмена веществ;
- болезни, возникающие под влиянием климатических факторов, главным образом температуры воздуха и освещения;
- новообразования;
- болезни различных систем и органов (скелета, кожи, органов чувств, кровообращения, мочевой системы, половых органов, нарушения воспроизводительной способности);
- некоторые другие заболевания.

С точки зрения популяционной генетики болезни с наследственной предрасположенностью представляют количественные признаки с альтернативной изменчивостью. Они характеризуются изменчивостью, обусловленной генетическими и средовыми факторами и полигенным типом наследования. Распределение таких признаков в фенотипе при расщеплении генов происходит прерывисто (например, здоровое или больное, мёртвое или живое животное). Такое распределение называется биномиальным.

Степень наследственной устойчивости или предрасположенности варьирует непрерывно. Чтобы животное в конкретных условиях оставалось здоровым, необходим порог действия генов. В этом случае наследственная устойчивость должна достигнуть определённого порога, который определяется также средой и физиологическим состоянием самих животных.

Если в хозяйстве нет возбудителей болезни, то все животные независимо от их наследственной устойчивости остаются здоровыми. Ухудшение условий среды, например, недостаток кормов или их плохое качество, а также ослабление физиологического состояния вызывают снижение доли животных, способных противостоять заболеванию.

Следовательно, для животных с разными генотипами, находящихся в разных условиях, вероятность заболевания будет разной. Поэтому, если фенотипическое значение порогового признака можно выразить через 0 или 1 (здоровое или больное), то наследственная устойчивость будет выражена величиной от 0 до 1. Задача селекционера состоит в получении генетической информации (показателей генетической изменчивости) по наблюдаемым частотам болезни популяции. Для пороговых признаков характерно, что их частота у разных родственных групп, имеющих разные гены, неодинакова.

Разные родственные группы одной популяции отличаются разной величиной порога подверженности и устойчивости, т.е. высокой или низкой величиной порога. Сравнением такой величины порога со средней величиной популяции можно определить наследуемость устойчивости к заболеванию и эффект селекции.

При определении наследуемости пороговых признаков следует учитывать ряд обстоятельств. Прежде всего, наследственная устойчивость (или предрасположенность) проявляется не спонтанно, а при наличии соответствующих патогенных факторов среды. Так, например, восприимчивость к инфекции проявляется лишь при наличии соответствующего возбудителя.

В селекционной работе по устойчивости к болезням анализ болезней в популяции проводят с помощью генетико-статистических методов. Средняя частота болезни в популяции определяется по формуле $p = m/n$, где p – частота болезни, m – число животных с болезнью, n – общее число исследованных животных.

Допустим, что из исследованных 1000 коров выявлено 50 коров с маститом. В этом случае частота мастита в стаде составит $p = m/n = 50/1000 = 0,05$ (или 5 %).

Изменчивость болезни, оцениваемая вариансой, определяется по формуле $\delta^2 = p \cdot q$, где δ^2 – вариантса, p – доля здоровых животных, q – доля больных животных.

В приведенном примере $\delta^2 = 0,95 - 0,05 = 0,047$.
Стандартное отклонение будет

$$\delta = \sqrt{q} = \sqrt{0,047} = 0,217$$

Ошибка стандартного отклонения определяется по формуле

В данном примере $s_p = 0,217/1000 = 0,217/31,62 = 0,0069$.

Наследуемость предрасположенности к болезням оценивают на основе корреляционного и регрессионного анализов, используя корреляционную решетку (табл. 24).

Таблица 24 – Корреляционная решетка для оценки связи мать – дочь по болезни

Дочери	Матери		Сумма
	больные	здоровые	
Больные	P_1	P_2	$P_1 + P_2$
Здоровые	P_3	P_4	$P_3 + P_4$
Сумма	$P_1 + P_3$	$P_2 + P_4$	

Величины P_1, P_2, P_3 и P_4 выражают численности соответствующих групп: P_1 – количество больных дочерей, полученных от больных матерей, P_2 – количество больных дочерей от здоровых матерей и т.д. Величины $P_1 + P_3$ оценивают количество больных матерей, $P_2 + P_4$ – здоровых матерей, $P_1 + P_2$ – больных дочерей, $P_3 + P_4$ – здоровых дочерей. Аналогично оценивается связь болезни между отцом и дочерью, а также между отцом и сыном.

Коэффициент корреляции определяется по формуле:

$$r = \frac{P_1P_4 - P_2P_3}{\sqrt{(P_1 + P_2)(P_2 + P_4)(P_1 + P_3)(P_3 + P_4)}}$$

Оценку связи можно изучить и с помощью коэффициента регрессии потомка на родителя:

$$b = \frac{P_1P_4 - P_2P_3}{(P_1 + P_3)(P_2 + P_4)}$$

Степень наследуемости предрасположенности к болезни определяется удвоением коэффициентов корреляции или регрессии.

Ниже приводится наследственная предрасположенность основных болезней молочной скота.

Вирусные болезни. К ним относят ящур, чуму и лейкозы.

Ящур – острая вирусная, чрезвычайно контагиозная болезнь, характеризующаяся главным образом поражениями слизистых оболочек. Ящур распространен во многих странах мира.

Смертность от него молодняка 80 – 100 % взрослых животных при злокачественной форме – 40 – 90 %. Множественность типов и подтипов вируса ящура сильно затрудняет борьбу с ним. Переболевшие животные приобретают пассивный иммунитет к повторному заражению вирусом. Установлена наследственная предрасположенность к вирусу ящура, которая чаще всего связана с семейной принадлежностью животных.

Чума – острая вирусная болезнь (возбудитель болезни РНК-содержащий вирус), характеризующаяся высокой температурой, катарально-геморрагическим и крупозно-дифтерическим воспалением слизистых оболочек. Переболевшие животные сохраняют невосприимчивость до 5 лет. Молодняк, полученный от таких животных, приобретает пассивный колостральный иммунитет.

Лечение больных животных запрещено ветеринарным законодательством, их убивают. Профилактика и меры борьбы основаны на предупреждении заноса чумы. Животных, поступающих из неблагополучных по чуме стран, выдерживают в карантине и прививают вакциной.

Лейкозы – вирусные заболевания, регистрируются почти во всех странах мира и наносят существенный экономический ущерб молочному скотоводству.

Этиология и патогенез лейкозов изучены недостаточно. В их развитии играют роль биологические, физические, химические и генетические факторы. От больных лейкозами животных изолирован онкорна – вирус (бычий лейкозный вирус). Он проявляет свое действие на определенном иммунобиологическом фоне и при наличии генетической предрасположенности. Вирус может быть перенесен от матери к теленку в период его эмбрионального развития, а также после рождения через молозиво матери.

Лейкозы выявляются чаще всего у животных 4 – 8-летнего возраста, протекают длительно — месяцами и годами. Первичный диагноз устанавливают на основании клинко-гематологических, патолого – анатомических и гистологических исследований. Клинически проявление лейкозов характеризуется увеличением лимфатических узлов и селезёнки. У части животных отмечаются экзофтальмия (пучеглазие), расстройства сердечно – сосудистой деятельности, пищеварения, и снижение продуктивности,

В хозяйствах, неблагополучных по лейкозам, животных с характерными клиническими признаками болезни независимо от гематологических показателей признают больными.

Установлено, что в большинстве неблагополучных по лейкозам хозяйств разводят скот, имеющий генетическую связь с ангельским (англерским) и остфризским скотом. Выявлена, повышенная частота заболеваемости среди животных разных пород и родственных групп внутри пород. В зависимости от эпизоотического фона (степень инфекции) коэффициент наследуемости предрасположенности к лейкозам колеблется от 0,02 до 0,4. Появление новых очагов лейкозов связано главным образом с завозом, племенного молодняка и быков из зон и хозяйств, неблагополучных по лейкозам. Ограничивают использо-

вание для воспроизводства стада животных, у которых имеются больные лейкозами предки.

Бактериальные болезни. В эту группу входят туберкулез, паратуберкулез, бруцеллез, маститы.

Туберкулез – инфекционное заболевание, вызванное туберкулезными микобактериями, протекающее главным образом хронически и характеризующееся образованием бугорков – туберкулов (гранулемов). Основным источником возбудителя — больные животные, выделяющие его во внешнюю среду с мокротой, фекалиями, молоком и др. Иммунитет нестерильный. В связи с этим лечение и иммунизацию животных при туберкулезе не проводят, больных животных забивают. Наследственная предрасположенность к туберкулезу хорошо изучена у лабораторных животных. У кроликов и морских свинок благодаря селекции выведены резистентные и предрасположенные к туберкулезу линии.

У скота установлены межпородные генетические различия в устойчивости к туберкулезу. Так, зебу и зебувидный скот значительно устойчивее к этой инфекции, чем европейские породы скота. Наблюдается разная степень предрасположенности к туберкулезу между группами потомков разных быков внутри породы. Коэффициент наследуемости предрасположенности к туберкулезу составляет 0,1—0,2.

Паратуберкулез – хроническая инфекционная болезнь, протекающая в основном латентно и характеризующаяся клинически прогрессирующим истощением, периодической диареей и летальным исходом. Возбудитель болезни – микобактерии паратуберкулеза. При паратуберкулезе генетическая предрасположенность линии выражена из-за длительного инкубационного периода. У гернзейской и джерсейской пород заболеваемость вдвое выше, чем у других пород молочного скота. При экспериментальном заражении эти породы в сравнении с фризской и айрширской породами были менее устойчивыми. Отмечена большая разница в частоте появления болезни у потомков разных быков одной породы.

Бруцеллез – хроническая инфекционная болезнь животных и человека. Характеризуется воспалением плаценты и абортами. Основным источником возбудителя инфекции – больное животное. Факторами передачи возбудителя могут быть молоко или обрат от больных животных, используемых в корм без соответствующей обработки. С развитием инфекционного процесса у животных образуется нестерильный иммунитет. Лечение бруцеллеза не проводится. Выявлена разная частота заболевания в разных семействах и в разных группах потомков быков. Коэффициент наследуемости предрасположенности к бруцеллезу составляет 0,18–0,2.

Маститы – воспаления молочной железы коров, широко распространенные в молочном скотоводстве.

Чаще всего маститы возникают при нарушении правил машинного доения, неудовлетворительных условиях содержания и кормления коров, при которых возможны проникновения и развитие микробов в молочной железе.

Основная причина маститов – бактериальная инфекция (особенно стафилококки и стрептококки).

В молочную железу возбудителя маститов чаще проникают через сосковый канал, раны молочной железы, реже – по крови из других органов при развитии в них воспалительных процессов (эндометрита, энтерита).

Диагностика маститов включает анамнез, общее клиническое обследование животного, клиническое исследование вымени (с пробным выдаиванием секрета), бактериологическое исследование секрета молочной железы. Диагностика клинически выраженных маститов не представляет затруднений. Она базируется на характерных изменениях внешнего вида вымени и секрета молочной железы. Для диагностики субклинических маститов используют стойловые пробы и лабораторные исследования. Непосредственно на скотном дворе применяют пробу с димастином или мастидином, бромтимоловую пробу и пробу отстаивания. При лабораторной диагностике скрытых маститов проводят подсчет лейкоцитов, определение активности каталазы и мозоцимов молока, бактериологические исследования секрета вымени.

При эпизоотологии маститов особое внимание уделяют естественной резистентности молочной железы, уровень которой определяется наследственностью. В условиях ведения молочного скотоводства на промышленной основе резистентность по отношению к возбудителям маститов во многом определяется морфологией вымени и сосков.

Распространение маститов в скотоводстве связано с наследственной предрасположенностью. Низкая частота маститов выявлена у буйволов (0,5 – 9,4 %), высокая – в породах молочного направления (до 60 %). Коэффициент наследуемости предрасположенности к маститам колеблется от 0 до 0,4.

Число соматических клеток в молоке указывает на устойчивость молочной железы к патогенным микробам. При субклинической (скрытой) форме мастита количество соматических клеток в 1 мл молока, как правило, превышает 500 тыс.

На предрасположенность к маститам влияет наследственность родителей. Заболеваемость маститом дочерей разных быков варьирует в больших пределах. Дочери коров, больных маститом, подвержены этому заболеванию в 1,5 – 2 раза выше, чем дочери коров, не болевших маститами.

Поскольку коэффициент наследуемости предрасположенности к маститам невысок, рекомендуется селекция на основе оценки семей. При оценке коров по форме вымени и пригодности ее к машинному доению следует учитывать частоту заболевания среди дочерей быков. Одновременно селекционер должен анализировать в труппах дочерей быков и семейств наличие предрасполагающих к маститу высоконаследуемых морфологических дефектов вымени и сосков.

Болезни, вызываемые простейшими и риккетсиям включает бабезиоз, анаплазмоз, пироплазмоз, гидроперикардит и трипанозомоз. Установлена различная генетическая предрасположенность зебувидного скота и скота европейского происхождения к ряду протозойных заболеваний (бабезиоз, анаплазмоз, пироплазмоз). Зебу и зебувидный скот менее подвержены этим заболеваниям, чем скот европейского происхождения. В некоторых странах, проводят скрещивание зебу с заводскими породами молочного скота с целью создания новых мо-

лочных пород для использования их в зонах распространения кровепаразитарных болезней.

Сходное наследственное влияние породы установлено на предрасположенность к инфекционному гидроперикардиту. Летальность скота от этой болезни составляет около 60 %. Породы африканского происхождения более устойчивы к инфекционному гидроперикардиту, чем породы европейского происхождения.

В скотоводстве ряда стран, особенно в тропических, скот поражается трипанозомозом. Однако восприимчивость разных пород неодинакова. Некоторые породы скота стран Западной Африки (Н'дама, мутуру, баулу, западноафриканские шортгорны), не имеющие генов зебу, более резистентны к трипанозомозу, чем скот зебу. Такая наследственная резистентность местных пород сформировалась под воздействием жесткого естественного отбора, проходившего в зоне интенсивного размножения переносчика трипаносомоза – мухи цеце.

Болезни, вызываемые грибами (микозы). Из них встречаются актиномикоз и дерматомикозы.

Актиномикоз — хроническая инфекционная болезнь, характеризующаяся образованием гранулематозных поражений в различных тканях и органах. Чаще поражаются кости и ткани нижней челюсти, лимфоузлы. Актиномикоз поражает чаще животных гернзейской породы. Выявлены различия по частоте заболевания внутри породы между потомками разных быков и между семействами.

Дерматомикозы – заразные болезни животных, характеризующиеся поражением кожи и ее производных. Их возбудитель – патогенные грибы класса дерматофитов. Установлены четкие различия по частоте проявляемое дерматомикозов между группами потомков разных быков одной породы.

Паразитарные болезни, обусловленные экто- и эндопаразитами. Эктопаразиты в большей части России встречаются редко. Однако при отсутствии соответствующих мер борьбы они могут стать причиной снижения продуктивности животных. Большой вред наносят тропические паразитарные заболевания, переносимые клещами. В тропической зоне установлена степень поражения паразитами в зависимости от генотипа хозяина. Европейский скот поражается в 3 – 7 раз больше, чем местные африканские породы. В Австралии герефорды в 10 раз больше поражаются, чем местная порода. Отмечено, что еще в молочном периоде телята европейского происхождения имеют большую предрасположенность к заболеваниям. Установлена внутривидовая устойчивость к паразитам. Коэффициент наследуемости предрасположенности находится в пределах 28 – 42 %, что позволяет вести селекцию на устойчивость.

К наиболее часто встречающимся внутренним паразитарным болезням, поражающим молочный скот, относятся поражения личинками и червями. Инвазия ими снижает молочную продуктивность на 15 – 25 %. В местной породе скота Нигерии выделены родственные группы животных, устойчивые к гемонхозу. Такие животные имели более высокую концентрацию гамма – глобулина в сыворотке крови, что способствует интенсивному образованию антител. Предполагается, что генетическую устойчивость к внутренним паразитам можно использовать в селекции.

Алиментарные болезни и заболевания обмена веществ. При недостатке питательных веществ в рационе проявляется разная наследственная предрасположенность животных к алиментарным болезням и нарушениям обмена веществ. Из этой группы болезней чаще встречаются родильный парез и кетоз.

Гипокальцемиа, или родильный парез, – одно из заболеваний обмена веществ, связанное с резким понижением содержания кальция в крови коров. Предрасположенность высокопродуктивных коров к родильному парезу зависит от породных особенностей, семейной принадлежности и возраста. Заболевание чаще наблюдается у коров джерсейской и англерской пород, чем у коров айрширской, голштино-фризской и швицкой пород. Заболевания среди шведского черно-пестрого скота регистрируются вдвое чаще по сравнению с фризской породой. Болезнь обычно поражает старых коров, редко встречается среди первотелок и низко-продуктивных животных. Коэффициент наследуемости предрасположенности к родильному парезу – 0,1.

Кетоз – тяжелое заболевание, вызываемое нарушением белкового, жирового и углеводного обмена. Оно сопровождается накоплением в организме кетонных тел и резким падением молочной продуктивности. В странах с развитым молочным скотоводством кетозу подвержено 5 – 20 % коров. Установлены межпородные различия по предрасположенности к кетозу. Наследуемость предрасположенности к кетозу – около 0,1.

Среди климатических факторов, обуславливающих болезни, выделяют особо температуру и свет. В разных климатических зонах разводятся породы, приспособленные к конкретной зоне климата. Вследствие различной толерантности пород к климатическим факторам перемещение пород в контрастные зоны сопровождается возникновением болезней животных.

Среди больших групп скота европейского и индийского происхождения установлены значительные различия в толерантности к высокой температуре. У скота европейского происхождения по сравнению с зебу хуже развита терморегуляционная способность. В тропических условиях у быков европейского происхождения происходит нарушение процесса сперматогенеза. В группе пород Среди пород европейского происхождения выявлены различия в терморегуляции. Голштино – фризы и шортгорны менее толерантны к температуре. Коэффициент наследуемости толерантности 0,15 – 0,30.

Установлено, что пигментированные породы животных более устойчивы к высокой инсоляции, чем непигментированные породы. Животные герефордской породы с отсутствием или слабой пигментацией роговицы и склеры чаще подвержены заболеванию раком глаз.

Различные новообразования представляют собой разрастания в организме клеток атипического строения и функции. Причины их развития недостаточно выяснены.

Примером опухолей может служить карцинома (эпителиома) – рак глаза у герефордского скота. Заболевание встречается в районах, где животные подвержены воздействию сильной инсоляции. Чаще всего болеют животные с отсутствием или со слабой пигментацией роговицы. Величина пигментированной площади колеи вокруг глаза является признаком, генетически обусловленным

(наследуемость – 0,45). Считается, что предрасположенность к этой форме рака можно уменьшить с помощью селекции.

Сходный патогенез выявлен для рака влагалища у коров айрширской породы в тропических областях: Частота этой формы рака также связана со степенью пигментации кожи.

В группу болезней других систем и органов входит достаточно большое число заболеваний. Так, среди болезней костной системы особо выделяют болезни копыт и копытного рога, которые часто проявляются в условиях промышленной технологии. В предрасположенности к этим болезням участвуют и генетические факторы. Такие аномалии, как неправильно поставленные углы скакательного и других суставов, утолщение костей конечностей, деформация их дистального отдела, межпальцевые разрастания ткани, ламинит (хромота), не возникают спонтанно. По этим болезням выявлены межпородные и семейные различия. Наследуемость предрасположенности к дефектам конечностей – около 50 %.

Среди кожных болезней можно отметить гиперплазию межкопытцевых тканей (или лимакс), имеющую ясно выраженную этиологию. Она встречается чаще у черно-пестрой породы, чем у джерсейской. Наследуемость устойчивости к лимаксу – 20 %.

Нарушения воспроизводительной способности - эта обширная группа патологии в молочном скотоводстве может проявляться у мужских и женских животных, эмбрионов, а также возникать при взаимодействии генотипов матери и плода (например, при несовместности групп крови).

У скота выявлены аномалии половых органов, на возникновение которых оказывает влияние наследственность. В генетическом плане более или менее изучены следующие аномалии органов репродуктивной системы.

Недоразвитие семенников и яичников (гипоплазия гонад) наблюдалось сравнительно часто у шведского горного скота. В результате многолетней селекции частота этого заболевания значительно снижена. Гипоплазия гонад зарегистрирована и в других породах молочного скота Европы. Выявлена связь между гипоплазией гонад и депигментацией кожи.

Особым нарушением воспроизводительной способности, широко распространенным в молочном скотоводстве, является предрасположенность коров к мертворождаемости, тяжелым отелам и бесплодию.

В разных породах скота мертворождаемость колеблется от 1 до 10 %. Больше половины отхода телят в первые 2 – 4 недели после отела коров приходится на мертворожденных. Предрасположенность к мертворождаемости определяется многочисленными факторами среды и наследственностью. К факторам среды, влияющим на частоту мертворождаемости, относят: число отелов, возраст первого отела, сезон отела, хозяйство, уровень и полноценность кормления. Наследственное влияние на предрасположенность к мертворождаемости определяется следующими факторами: порода, пол, продолжительность стельности, наличие уродств, генотип родителей, живая масса при рождении, многоплодие и др. Наследуемость предрасположенности к мертворождаемости не превышает 10 %.

В большинстве случаев в практике используется упрощенная классификация отелов (легкие, с помощью человека, очень трудные, требующие ветери-

нарной помощи). Основными факторами, влияющими на трудность отела, являются: масса телят при рождении, пол теленка, продолжительность стельности, сезон года, кормление коров, возраст первого отела, порода, генотип родителей и др.

Частоту трудных отелов можно снизить направленной селекцией с учетом средних и генетических факторов, соответствующим подбором и оценкой генотипа родителей, особенно быков-производителей.

С генетической точки зрения бесплодие может быть строго детерминировано наследственностью. Одна из его форм носит название гаметическое бесплодие. Наиболее обширную форму представляет бесплодие с наследственной предрасположенностью. Данная форма с пороговым эффектом генов обуславливает широкий клинический полиморфизм бесплодия. Бесплодие подвержено существенному возрастному влиянию, зависит от условий среды и физиологического состояния коров, в частности от прохождения послеродового периода, уровня молочной продуктивности, числа отелов. С селекционно-генетической точки зрения к бесплодным животным относят тех, которые после нескольких осеменений остаются стерильными и выбраковываются из стада после нескольких неплодотворных осеменений. Наследуемость предрасположенности к бесплодию, оцененная на телках, – около 0,1.

В условиях широкого использования искусственного осеменения возникает проблема борьбы с другой распространенной формой – иммунным бесплодием. После нескольких неплодотворных осеменений коров антигены сперматозоидов способны проникать в кровеносное русло и вызывать образование высокоактивных антител, в результате чего наступает полное бесплодие.

Высокая изменчивость антител к сперматозоидам позволяет использовать это биологическое свойство для подбора «совместимых» быков. Основным методом предупреждения иммунного бесплодия – своевременное проведение реакции спермоагглютинации и замена быков, находящихся в иммунном отношении с определенными коровами.

Кисты яичников образуются в яичнике вследствие перерождения, атрофии фолликулов или желтых тел. Кисты яичников широко распространены среди коров молочного направления продуктивности. Болезнь часто возникает вследствие генетически обусловленного нарушения секреции гонадотропных гормонов передней доли гипофиза. Частота болезни повышается с возрастом коров. Наследуемость предрасположенности коров к этой болезни – 0,1.

Предрасположенность к болезни, в большинстве случаев, представляет полигенный признак с пороговым эффектом генов и среды. Повысить устойчивость к ним можно методами, которые применяются к хозяйственно полезным признакам, имеющим полигенное наследование. Эффективность селекции на устойчивость животных к болезням зависит от следующих основных факторов:

- наследуемости предрасположенности к болезни;
- точности диагностики критерия признака;
- интенсивности селекции;
- корреляции между болезнью и другими признаками.

Главная предпосылка проведения эффективной селекции – наличие генетической изменчивости признака (болезни). Для моногенных признаков она оп-

ределяется числом и частотой аллелей в популяции, для полигенных признаков – аддитивным эффектом генов. Болезни с наследственной предрасположенностью можно разделить на группы:

- предрасположенность, обусловленная менделевским фактором;
- предрасположенность анатомического или физиологического признаков, имеющая относительно высокую наследуемость (0,4 – 0,6), (пигментация глаз у геррефордов, болезни скелета и др.),
- предрасположенность к болезням с почти непрерывной изменчивостью (инфекционные болезни, алиментарные нарушения новообразования и др.).

Наследуемость этих болезней низкая – 0,01–0,2.

Соответственно группам болезней эффективность селекции на устойчивость будет различной. Селекция для первой группы болезней не вызывает затруднений, вторая группа требует относительно сложных селекционных методов, а третья, к которой относят большинство болезней с наследственной предрасположенностью, отличается низкой наследуемостью. Для селекции против болезней третьей группы необходимы сложные методы.

Эффективность селекции в большой степени зависит от надежности характеристики признака по резистентности. Для неинфекционных болезней, особенно болезней органов, признак хорошо выражен и ясно характеризует резистентность или предрасположенность животного к болезни. В противоположность им признаки с двумя стенотипическими классами характеризуют лишь две группы животных в популяции (больные – здоровые, живые – мертвые). В этом случае надежность оценки признака зависит от присутствия патогенного фактора.

Для инфекционных болезней необходимо, чтобы возбудитель постоянно находился в среде, в которой проводится селекция животных на резистентность. Профилактика, особенно иммунотерапия, маскирует проявление болезни и снижает точность оценки животных. Для практического животноводства такие условия нереальны. Поэтому в последние годы уделяют большое внимание простым физиологическим (или анатомическим) признакам, которые рассматриваются как индикаторы устойчивости к болезням. Например, в молочном скотоводстве для диагностики мастита широко используют определение количества соматических клеток в молоке. Перспективны биохимические и иммунологические методы.

В непосредственной связи с надежностью селекционного критерия устойчивости к болезни находится проблема интенсивности отбора. Для признаков, имеющих лишь два критерия – здоровое – больное, живое – мертвое животное – отбор связан с большими трудностями, особенно при болезнях с небольшой частотой проявления. Распределить животных по рангам, как это практикуется для измеряемых признаков, невозможно. Непрерывная вариация резистентности, хотя и предполагается, но остается скрытой. Например, если в стаде 80 % животных не болеют инфекционным заболеванием, то их невозможно селекционировать, на резистентность, т. е. разная степень резистентности у этих фенотипически здоровых животных не выявлена. Установлено, что даже если 5 – 10 % коров остаются для воспроизводства, то и в этом случае максимальный эффект массовой селекции на устойчивость к лейкозу невозможен. Чем меньше

частота болезни в популяции, тем ниже относительная эффективность массовой селекции на устойчивость к болезни, и наоборот.

Разные болезни неодинаково проявляют свои связи с продуктивными признаками. Высказана гипотеза, что ряд болезней с наследственной предрасположенностью возник в результате односторонней селекции животных на молочную, продуктивность. Примером могут служить маститы, которыми чаще поражаются высокопродуктивные коровы с интенсивным молокоотделением. Поэтому при селекции на молочную продуктивность следует обращать внимание на устойчивость к тем или иным заболеваниям.

Современные методы селекции создают большие возможности для повышения эффективности отбора на устойчивость к болезням. В принципе оценка племенной ценности быков по устойчивости к болезням с наследственной предрасположенностью не отличается от испытаний их племенных качеств по хозяйственно полезным признакам.

Оценка проводится по общепринятой формуле:

$$ПЦ = \frac{2n}{n+r} (\bar{X}_D - \bar{X}_C),$$

где ПЦ – племенная ценность быка; \bar{X}_D – заболеваемость дочерей, %; \bar{X}_C – заболеваемость сверстниц, %.

Основу формулы составляет коэффициент регрессии (k) показателей болезни у будущих дочерей быка на соответствующие показатели у фактически полученных дочерей. Так как при мейозе набор генов уменьшается вдвое, при оценке наследственных качеств быка данный коэффициент удваивается. Коэффициент регрессии служит одновременно мерой повторяемости оценки результатов, которая предсказывает наследственную предрасположенность к болезням будущих дочерей. Степень повторяемости не должна быть ниже 0,35.

При наличии дочерей быка в разных хозяйствах целесообразно использовать показатель числа эффективных потомков.

По приведенной методике можно проводить оценку и отбор быков по устойчивости к другим заболеваниям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астауров Б.Л. Проблемы общей биологии и генетики. – И.: Наука, 1979. – 380 с.
2. Багрий Б.А. Разведение и селекция мясного скота. – М.: Агропромиздат, 1991. – 255 с.
3. Борисенко Е.Я. и др. практикум по разведению сельскохозяйственных животных. – М.: Колос, 1984. – 250 с.
4. Дмитриев Н.Г. и др. Племенная работа: Справочник. – М.: Агропромиздат, 1988. – 559 с.
5. Завертяев Б.П., Волгин В.И. Справочник зоотехника – селекционера по молочному скотоводству. – М.: Колос, 1984. – 203 с.
6. Кабанов В.Д. Интенсивное производство свинины. –М: Изд. Россельхозакадемии, 2003. – 400 с.
7. Кабанов В.Д. Свиноводство. – М.: Колос, 2001. – 431 с.
8. Козловский В.Г. Племенное дело в свиноводстве. – М.: Колос, 1982. – 270 с.
9. Козанков А.Г., Переверзев Д.Б., Дунин И.М. Основы интенсификации разведения и использования молочных пород скота в России. –М.: Изд. РГАЗУ, 2002.- 42 с.
10. Костомахин Н.М., Потокин В.П., Кириллова Е.К. Разведение с основами частной зоотехнии. –Спб: Лань. – 2006. – 448 с.
11. Костомахин Н.М. Скотоводство. –Спб.: Лань. – 2007. – 432 с.
12. Красота В.Ф., Джапаридзе Т.Г. Разведение сельскохозяйственных животных. – М.: ВНИИплем, 1994. – 385 с.
13. Красота В.Ф., Джапаридзе Т.Г., Костомахин Н.М. Разведение сельскохозяйственных. –М.: КолосС, 2005. – 421 с.
14. Красота В.Ф., Джапаридзе Т.Г. Костомахин Н.М. Разведение сельскохозяйственных животных. –М.: КолосС.- 2005. – 424 с.
15. Лернер И.М., Дональд Х.П. Современные достижения в разведении животных. – М.: Колос, 1970. – 264 с.
16. Лэсли Дж. Генетические основы селекции сельскохозяйственных животных. – М.: Колос, 1982. – 391 с.
17. Никитченко И.Н. Гетерозис в свиноводстве. – Ленинград: Агропромиздат, 1987. – 210.
18. Никоро З.С., Стакан Г.А. и др. Теоретические основы селекции животных. – М.: Колос, 1978. – 355 с.
19. Орлов В.И., Силин К.П. Селекция кур. – М.: Колос, 1981. – 240 с.
20. Ригер Р., Михаэлис А. Генетический и цитогенетический словарь. – М.: Наука, 1977. – 600 с.
21. Родионов Г.В., Изилов Ю.С., Харитонов С.Н. Скотоводство. – М.: Геодезия, 2002. -352 с.
22. Спивак М.Г., Григорьев Ю.Н., Дедов М.Д. Современные методы селекции молочного и молочно – мясного скота. – М.: Россельхозиздат, 1979. – 240 с.
23. Щеглов Е.В., Усова Т.Г. Племенное дело в скотоводстве. – М.: Изд. РГАЗУ, 2002. – 42 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Глава 1. Эволюция и происхождение сельскохозяйственных животных	5
1.1. Дикие предки и сородичи домашних животных. Одомашнивание и приручение диких животных	5
1.2. Доместикационные изменения животных	9
Глава 2. Учение о породе	15
2.1. Понятие о породе. Структура породы и факторы породообразования	15
2.2. Классификация пород сельскохозяйственных животных и птицы.	18
Акклиматизация пород. Сохранение генофонда пород животных	
Глава 3. Индивидуальное развитие животных	23
3.1. Рост и развитие, типы ростовых процессов	23
3.2. Оценка особенностей экстерьера и типов конституции животных в онтогенезе	29
3.3. Параметры, характеризующие основные виды продуктивности, воспроизводительную функцию сельскохозяйственных животных и птицы	32
3.4. Общие закономерности индивидуального развития (онтогенеза) животных	34
3.5. Факторы, регулирующие процессы роста и развития животных в онтогенезе	39
Глава 4. Оценка племенной ценности (генотипа) животных	42
4.1. Теоретические основы и селекционно-генетические параметры наследования фенотипических показателей сельскохозяйственных животных и птицы	42
4.2. Основные этапы определения племенной ценности животных	52
4.3. Методы оценки животных по качеству потомства и племенная пре- потентность производителей	57
Глава 5. Отбор и подбор в животноводстве	62
5.1. Основные формы и методы отбора. Параметры отбора	62
5.2. Подбор в животноводстве	71
Глава 6. Методы разведения сельскохозяйственных животных и птицы	74
6.1. Понятие о методах разведения. Методы разведения на увеличение степени гомозиготности потомства. Чистопородное разведение	74
6.2. Родственное разведение (инбридинг). Инбредная депрессия	77
6.3. Разведение по линиям и семействам в животноводстве и птицеводстве	83
6.4. Методы разведения на увеличение степени гетерозиготности по- томства	91
6.5. Методы разведения, направленные на получение гетерозиготного потомства пользовательных животных	94
6.6. Гибридизация в животноводстве	96
Глава 7. Гетерозис в животноводстве и птицеводстве	101
7.1. Теоретические основы гетерозиса	101

7.2. Выведение инбредных линий и топкросс – методы селекции на гетерозис	105
7.3. Периодическая селекция и периодическая реципрокная селекция в системе гетерозиса	106
7.4. Определение сочетаемости в системе скрещиваний и гибридизации	107
Глава 8. Методы селекции на устойчивость животных к заболеваниям	114
8.1. Генетические основы устойчивости животных. Наследственные дефекты и наследственные заболевания	114
8.2. Заболевания животных с наследственной предрасположенностью и методы селекции на устойчивость к заболеваниям	119
Список литературы	131

Учебное издание

Иван Иванович Артюков
Леонид Никифорович Гамко
Геннадий Газизович Нуриев

**РАЗВЕДЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ЖИВОТНЫХ**

Учебное пособие

«Допущено Министерством сельского хозяйства Российской Федерации
в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению
подготовки «Зоотехния»

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 09.09.2009 г. Формат 60x84. 1/16.
Бумага офсетная. Усл.п.л. 7,78. Тираж 100 экз. Изд. № 1471.

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии
243365, Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянская ГСХА.