

Методы генетического улучшения для поддержания устойчивого использования ГРЖ

1 Введение

В этой части представлен краткий обзор методов генетического улучшения для устойчивого использования ГРЖ. Первая глава описывает условия для генетического улучшения. Поскольку социальные и экономические условия широко обсуждаются в других разделах данного издания, здесь они описываются кратко и особое внимание уделено научным и технологическим параметрам. Во второй части обсуждаются стратегии проведения генетического улучшения, запланированного непосредственно при разработке племенных программ. Эти элементы, включающие планирование, осуществление мероприятий и оценку результатов, составляют непрерывный и интерактивный процесс. Рассматриваются селекционные программы для основных видов сельскохозяйственных животных, эксплуатируемых в высокорентабельных системах производства. Включены не только описание селекционных задач и признаков, подбираемых в качестве критериев отбора, но также организации и развитие селекционной работы. Рассматриваются также селекционные стратегии для низкорентабельных систем и возможности их использования для сохранения пород. Такое подразделение несколько искусственно, поскольку и ситуации, и стратегии иногда перекрывают друг друга. В заключительной части представлены некоторые общие выводы.

2 Условия для генетического улучшения

Генетическое усовершенствование подразумевает изменения. Для того, чтобы изменения

приводили к улучшению, их совместный эффект должен приносить выгоду владельцам рассматриваемых животных или их сообществу. Более того, чтобы изменения действительно могли рассматриваться как улучшения, необходимо, чтобы они приносили пользу как в краткосрочном, так и в долгосрочном масштабе, или, по крайней мере, краткосрочная польза не приводила бы к долгосрочному вреду. Поэтому необходимо, чтобы разработка программ по генетическому улучшению проводилась с особым вниманием к социальному, экономическому и экологическому контекстам, в которых они будут реализовываться. Легче всего этого можно достичь, если селекционные программы станут неотъемлемой частью национальных планов развития животноводства, в которых будут определены цели развития для каждой среды производства.

2.1 Изменения потребностей

Традиционно разведение домашнего скота представляло интерес только для небольшого количества профессионалов: служащих племенных компаний, фермеров и некоторых исследователей животных. Однако продовольственная продукция изменяется на пути от производителя до потребителя. Во многих странах утрачено доверие покупателя к промышленному животноводству (Lamb, 2001). Различные кризисы последних лет усилили опасения по поводу качества и безопасности продукции животноводства: в частности, губчатая энцефалопатия КРС (BSE), диоксин, и, совсем недавний, высоко патогенный птичий

РАЗДЕЛ 4

грипп (HPAI). Рост благосостояния также стал важным элементом в повышении требований потребителей к качеству продуктов, особенно в Европе (экологические продукты и животные, выращенные на свободном выгуле). В то же время, большинство потребителей не связано с селом и мало знает о сельском хозяйстве. Появился растущий спрос на «натуральную» продукцию, но часто без ясного понимания, что, собственно, под этим подразумевается.

2.2 Разнообразие условий производства

Устойчивые системы производства должны быть организованы таким образом, чтобы учитывались физические, социальные и рыночные условия. Для племенных организаций возникает вопрос о том, должны ли они разнообразить свои селекционные задачи, или должны и дальше разводить животных, чувствующих себя хорошо в широком диапазоне требований окружающей среды (физическая среда, система управления и рыночная ситуация). Однако до сих пор не имеется достаточного количества знаний о генетических основах адаптации к окружающей среде.

2.3 Осознание важности сохранения генетического разнообразия

Для ведения селекционной работы с сельскохозяйственными животными требуется определенный уровень изменчивости как внутри, так и между популяциями. Генетическое разнообразие важно для обеспечения текущих запросов, но особенно значимо для соответствия будущим требованиям. Например, смена приоритетов в экономике сельского хозяйства с высокочрезвычайно затратных систем производства на низкочрезвычайно затратные будет способствовать сохранению различных пород и поддержанию разных характеристик внутри пород. Растущее значение, которое придается таким факторам, как защита животных, охрана окружающей среды, разнообразие продуктов, здоровье человека и изменения климата, требует включения в селекционные программы более широкого диапазона критериев. Этим требованиям часто соответствуют местные породы. Поэтому

возможно, что наиболее правильная стратегия управления этими породами заключается в том, чтобы вносить в них как можно меньше генетических изменений. Например, может быть более важным повышение приспособленности к среде и устойчивости к болезням, даже за счет сдерживания дальнейшего роста продуктивных характеристик, таких как размер тела или молочная продуктивность, если они в настоящее время соответствуют или близки к оптимальному уровню.

2.4 Научные и технические достижения

Развитие методов генетического улучшения

Генетика количественных признаков

Цель селекции заключается в генетическом усовершенствовании путем отбора и подбора животных, которые произведут следующее поколение. Направление селекции отражают признаки, которые животновод хотел бы улучшить путем отбора. Темпы генетического улучшения (ΔG) по племенным целям зависят от генетической изменчивости популяции, точности селекционных критериев, интенсивности отбора и генерационного интервала.

Поддержание генетической изменчивости является необходимым условием для текущего генетического улучшения. Генетическая изменчивость снижается в результате генетического дрейфа и возрастает за счет мутаций. Следовательно, минимальный популяционный размер для поддержания генетической изменчивости определяется скоростью мутаций (Hill, 2000). Селекционные эксперименты на лабораторных животных показали, что значительный прогресс может поддерживаться во многих поколениях, даже в популяциях с эффективной численностью до 100 особей, но селекционный ответ растет с увеличением численности популяции.

Утрата породой генетического разнообразия связана со степенью инбридинга (ΔF). В отсутствие отбора ΔF прямо связана с количеством самцов и самок. В селекционируемой популяции это предположение не соответствует действительности из-за неравноценного вклада родителей в следующие

поколения. Недавно была разработана общая теория, предсказывающая степень инбридинга в селекционируемой популяции (Woolliams и др., 1999; Woolliams and Bijma, 2000). Этот подход облегчает направленную оптимизацию краткосрочных и долгосрочных ответов в схемах разведения.

Исследования по оптимизации селекционных схем первоначально основывались на генетическом улучшении, мало внимания уделяя инбридингу. В настоящее время хорошо известно, что важным элементом селекционных схем является ограничение инбридинга. Meuwissen (1997) разработал программу селекции, максимизирующую генетический прогресс при ограничении степени инбридинга. Метод позволяет сформировать из имеющегося набора отобранных животных такие группы родителей, в которых максимизируется генетическая ценность при сдерживаемом коэффициенте общих предков. В рамках этой программы число родителей и число потомков на одного родителя могут изменяться в зависимости от размера селекционируемой группы в конкретном поколении.

Точность селекции в большей степени зависит от качества и количества данных о животных. Генетическое улучшение может быть достигнуто только в том случае, если имеются данные по продуктивности и родословным. На основании этого может быть предсказана генетическая ценность, и животные с наилучшими прогнозами могут быть отобраны в группу родителей.

Общеизвестно, что в последнее время лучшим методом оценки линейных признаков (например, молочная и яичная продуктивность, показатели экстерьера и оплата корма) является наилучший линейный несмещенный прогноз, основанный на модели животных (best linear unbiased prediction based on an animal model - BLUP-AM) (Simianer, 1994). Разработка алгоритмов и программного обеспечения на сегодня свидетельствует о том, что в большинстве стран и для большинства видов животных BLUP-AM обычно используется селекционными компаниями или национальными селекционными программами. Ограничения, связанные с применением упрощенных моделей одного признака, привели к развитию оценок BLUP по комплексу признаков, основанных на сложных моделях (включая, например, материнские

эффекты, взаимодействий стадо x производитель или доминантные генетические эффекты). Такое развитие было ускорено ростом компьютерных возможностей и большими достижениями в компьютеризированных методах. Сегодняшняя тенденция заключается в использовании всей доступной информации, включая записи ежедневных тестов, записи по кроссбредным животным в широком географическом диапазоне (по разным странам). Существенные трудности, связанные с использованием все более и более сложных моделей, обусловлены отсутствием надежности (особенно, когда популяционная численность ограничена) и вычислительными проблемами. Проблема сегодня состоит в необходимости развития инструментов для систематической проверки достоверности используемых моделей.

BLUP оптимален только тогда, когда известны истинные генетические параметры. Разработаны методы несмещенных оценок (гетерогенных) компонентов дисперсии для большого набора данных. Предпочтительным методом, применимым к моделям для животных, является метод ограниченного максимального правдоподобия (Restricted Maximum Likelihood - REML). Важных признаков, которые не могли бы быть корректно описаны линейными моделями, немного (например, признаки, основанные на выигрышах и выживании). Предложен широкий набор нелинейных смешанных моделей: пороговые модели, модели выживания, модели, основанные на рангах, пуассоновские модели и т.д. Однако преимущества использования этих нелинейных моделей остается еще доказать.

Интенсивность селекции отражает долю животных, использующихся в качестве родителей следующего поколения. Репродуктивные возможности и методики оказывают влияние на число родителей, необходимых для получения следующего поколения, и, следовательно, на степень генетического улучшения. У птиц высокая репродуктивная способность означает, что около 2% самцов и 10% самок становятся родителями следующего поколения. У крупного рогатого скота использование метода искусственного осеменения привело к значительному уменьшению количества самцов. В настоящее время быки и коровы, входящие в племенное ядро, составляют менее 1% всей популяции.

РАЗДЕЛ 4

Генерационный интервал – промежуток времени между двумя поколениями. В большинстве популяций число животных разных возрастов различается. Количество информации о разновозрастных животных также отличается – о молодых животных данных меньше, чем о старших. Следовательно, точность оценок по молодым животным ниже. Однако средний уровень племенной ценности (EBV) молодых животных выше, чем у более старших в связи с непрерывным генетическим улучшением популяции. Рекомендуется вести отбор по возрастным классам для того, чтобы получить наибольший селекционный дифференциал (James, 1972). Доля животных, отобранных в каждом возрастном классе, зависит от различий в точности EBV между возрастными классами (Ducrocq, Quaas, 1988; Bijma и др., 2001). Использование репродуктивных технологий позволяет значительно расширить объем информации о сибсах, и, следовательно, увеличивать точность EBV молодых животных (van Arendonk, Bijma, 2003). Это будет увеличивать долю животных, в раннем возрасте отобранных в группу родителей следующего поколения, и, следовательно, изменять протяженность генерационного интервала. Таким образом, интервал между поколениями является, прежде всего, результатом отбора среди возрастных классов.

Молекулярная генетика

Использование молекулярной генетики в животноводстве расширяется на протяжении последних двух десятков лет. Эти исследования связаны с селекцией по генотипу менделирующих признаков (главным образом болезней и генетических дефектов), селекцией с помощью маркеров и интрогрессией. Более того, растет использование молекулярной генетики в программах по сохранению пород и для улучшения понимания происхождения и одомашнивания сельскохозяйственных видов животных.

Селекция по генотипу. Расширение знаний о геноме животных увеличивает перспективы отбора и создает новые возможности для повышения здоровья животных. Исходно метод селекции по генотипу основан на менделирующих признаках. У крупного рогатого скота, например, ДНК-диагностика обычно используется для элиминации некоторых генетических заболеваний, таких как нарушение адгезии лейкоцитов у КРС (BLAD), недоста-

точность уридинмонофосфат-синтетазы (DUMPS) и комплексный порок развития позвоночника (CVM), а так же в селекции таких признаков, как молочный каппа-казеин и двойная мускулатура.

У свиней известен ген, достаточно давно использующийся в коммерческой селекции – «галотановый» ген. Известно, что свиньи являются стрессоустойчивыми животными (например, не выдерживают перевозки на скотобойню). Этот дефект обусловлен спонтанной мутацией – рецессивным геном, названным «галотановым». Используя ДНК-тест, который позволяет выяснять, несет ли свинья «дефектную форму» этого гена, возможно полностью удалить этот ген из популяции свиней (Fuji и др., 1991).

Скрепи, прионовое заболевание овец, наиболее простая естественная форма трансмиссивной губчатой энцефалопатии (TSE), группы заболеваний, которая также включает болезнь Крейтцфельда–Якоба у человека и BSE – у крупного рогатого скота. Генетическая чувствительность к скрепи сильно меняется аллельными вариантами трех различных кодонов в PrP гене овец (Hunter, 1997). Селекция на резистентность к скрепи, таким образом, может быть достаточно успешным методом контроля над этим заболеванием (Dawson и др., 1998; Smits и др., 2000). Это может быть сделано повышением частоты аллеля, ассоциированного с наибольшей устойчивостью к скрепи (аллель ARR). Как описано в разделе 1, часть E: 4, селекционные программы по элиминации скрепи могут нести угрозу для редких пород, у которых резистентный генотип встречается с низкой частотой.

Селекция с помощью маркеров. Большинство экономически важных признаков продуктивности животных имеют количественную природу и контролируется большим количеством генов (локусов), и лишь некоторые из них оказывают выраженное влияние на проявление признаков, в то время как большинство генов имеют небольшие эффекты действия (Le Roy и др., 1990; Andersson и др., 1994). Если главный ген (локус) может быть идентифицирован, и если молекулярный тест может быть разработан, генотипированные по этому локусу животные могут далее использоваться в селекции. В других случаях хромосомный участок, близкий к гену, представляющему интерес (ген интереса), может быть идентифицирован и использован как маркер.

Разработана смешанная модель наследования, предполагающая сегрегацию одного или нескольких идентифицированных локусов и дополнительных полигенных компонент. Когда генотипы каждого идентифицированного локуса известны, они могут рассматриваться как фиксированные эффекты в методе стандартной смешанной модели (Kennedy и др., 1992). Если известны только генотипы по сцепленным маркерам, необходимо принимать во внимание возможность появления неожиданных результатов от неизвестных гаплотипов и рекомбинации (Fernando, Grossman, 1989).

Обычно ожидается дополнительный генетический прогресс, если в генетическую оценку включается информация о генах со средним и большим эффектом действия. В последние годы по этой проблеме выполнено большое количество исследований. Результаты оказываются не всегда сопоставимыми, поскольку в разных исследованиях селекционные критерии отличаются, однако все они указывают на то, что наличие информации по генотипам локусов количественных признаков, в общем, улучшает краткосрочный ответ на селекцию (Larzul и др., 1997). Более заметные расхождения были получены по долгосрочному ответу на отбор – см. Larzul и др. (1997). В менее благоприятных ситуациях, где известны только генотипы сцепленных маркеров, результаты в большей степени зависят от специфических обстоятельств. Можно ожидать большего успеха, если на популяционном уровне имеются данные о неравновесии по сцеплению (Lande, Thompson, 1990), или когда признаки трудноизмеримы (например, устойчивость к заболеваниям), ограничены полом (например, признаки яичной и молочной продуктивности), проявляются на поздних этапах жизни животных (например, продолжительность жизни и сохранность приплода) или измеряются после забоя (например, признаки качества мяса). В других случаях применимость селекции с помощью маркеров может быть сомнительна.

Гены одного или различных локусов взаимодействуют друг с другом, что приводит к фенотипическим последствиям. Механизм этого взаимодействия пока еще мало изучен. При использовании статистических моделей, когда очевидный эффект относится к определенному гену, межгенные взаимодействия не принимаются во внимание. Это объясняет, хотя бы

частично, такие ситуации, когда включение в селекционную программу идентифицированных главных генов (или их маркеров) не приводит к желаемому результату. Именно из-за таких взаимодействий часто возникают разногласия между различными исследованиями, связанными с использованием генетических маркеров (Rocha и др., 1998). Чтобы правильно оценить эффект гена, нужно рассматривать средний эффект по возможным генотипам в той популяции, где планируется использование этих результатов (взвешенный в соответствии с их частотами).

Внесение нового генетического материала в популяцию выполняется главным образом для увеличения устойчивости к заболеваниям. Если существуют маркеры для гена(ов) резистентности или генные зонды, то селекция на их основе может быть использована для облегчения процесса введения генов. Dekkers и Hospital (2002) обсуждают возможность использования бэккроссов для внесения генов в популяцию. Если в качестве реципиентной используется неустойчивая порода, а порода, несущая ген устойчивости, рассматривается как порода-донор, введение желательного гена от породы-донора в реципиентную породу достигается многократными возвратными скрещиваниями на реципиентную породу, сопровождающиеся одним или более поколениями интеркроссных скрещиваний. Целью бэккроссных скрещиваний является создание индивидуумов, несущих одну копию донорского гена при сохранении остальной части генома породы – реципиента. Цель интеркроссной фазы заключается в фиксации донорского гена. Маркерная информация может усилить эффективность бэккроссовой фазы введения генов путем идентификации носителей интересующих генов (прямая селекция) и усилением восстановления реципиентного генетического фона (фоновая селекция). Более удобны для выполнения и экономически оправданы скрещивания чистопородных самок реципиентной породы с кроссбредными самцами донорской, чем наоборот.

Если ген устойчивости доминантен, его введение в популяцию может быть результативным даже без его молекулярного маркирования. Если ген резистентности рецессивен (или кодоминантен), маркер необходим. В тех случаях, когда резистентность является полигенным признаком, введение генов в популяцию без генетического маркирования вряд ли может быть

РАЗДЕЛ 4

эффективным; к тому времени, когда генетическое влияние донорской породы станет достаточно высоким для того, чтобы поддерживать высокий уровень устойчивости, желательные характеристики реципиентной породы, вероятно, будут утрачены. Фактически, было бы легче создать синтетическую породу, чем внести многочисленные гены в реципиентную породу путем возвратных скрещиваний, даже когда доступны генетические маркеры. Hanotte и др. (2003) картировали QTL, влияющих на трипанотолерантность в кроссах между породами крупного рогатого скота – толерантной ндама и нетолерантной боран. Исследования показали, что в некоторых из предполагаемых QTLs, связанных с трипанотолерантностью, аллель, связанный с толерантностью, пришел из нетолерантной породы. Было сделано заключение о том, что: «отбор на трипанотолерантность в F2 скрещиваний между породами ндама и боран может привести к созданию синтетической породы с более высоким уровнем трипанотолерантности, чем существующий в родительских породах».

Концептуально, введение генов с помощью маркерной селекции может быть достигнуто даже без проверки животных на устойчивость к болезнетворному агенту, однако такая проверка все же желательна.

Молекулярный анализ генетического разнообразия необходим при разработке программ по сохранению генетического разнообразия и при изучении происхождения и одомашнивания различных видов сельскохозяйственных животных. Лучшее понимание генетической изменчивости, вместе с развитием новых методов количественной генетики, может обеспечить связь маркерной информации с функциональной изменчивостью. Например, сочетание молекулярных методов и анализа родословных оказалось полезным для оценки степени генетического разнообразия основателей современной популяции чистокровной верховой породы лошадей (Cunningham и др., 2001).

Достижения в репродуктивных технологиях

Репродуктивные технологии оказывают прямой эффект на скорость генетического улучшения. Для существующего популяционного размера более высокая скорость воспроизводства подразумевает необходимость меньшего количества племенных животных и, следовательно, более высокую интенсивность се-

лекции. Большое количество потомков, полученных от одного племенного животного, также позволяет более точно оценить его селекционное значение. Другое преимущество повышенной скорости репродукции заключается в более быстром распространении выдающегося генетического материала.

Поскольку репродуктивные технологии достаточно подробно обсуждались в других разделах этого издания, в настоящем подразделе рассматриваются только использование в селекционных программах искусственного осеменения (ИО), множественной овуляции и трансплантации эмбрионов (МОТЭ). По другим методам здесь будет представлено только краткое описание.

Искусственное осеменение. Использование ИО приводит к высокой интенсивности селекции, более строгому отбору самцов на основании оценки по потомству и более точной оценке племенной ценности в стаде (последнее является результатом обмена спермой между различными нуклеусными стадами), которая облегчает установление между ними генетических связей. ИО используется племенными организациями для большинства видов сельскохозяйственных животных. Для видов с низкой скоростью репродукции, таких как крупный рогатый скот, использование ИО дает возможность более точной оценки племенной ценности по признакам с низкой наследуемостью. Применение ИО позволяет быстрее внедрять достижения генетики в коммерческих популяциях. От шестидесяти до восьмидесяти процентов всех проводимых ИО принадлежат крупному рогатому скоту. Самец, признанный выдающимся, может оставить тысячи потомков в различных популяциях по всему миру.

ИО требует технических навыков как в центре по искусственному осеменению, так и на фермах, и, кроме того, эффективных связей между ними. Однако во многих странах большинство животноводов – мелкие фермеры, квалификация которых и инфраструктура могут быть недостаточными для успешного использования ИО. Фермер должен быть в состоянии определить течку и иметь возможность связаться с центром распределения семени, работники которого должны в течение нескольких часов обслужить животных. Для экстенсивных систем производства этот процесс требует больших затрат труда, следовательно, вряд ли будет использован в пастбищных системах по

производству говядины. Точно так же искусственное осеменение трудно использовать и в овцеводстве, и естественная случка с использованием выдающихся самцов остается все еще основным способом распространения генетического усовершенствования.

Использование ИО меняет организационную структуру сектора племенного животноводства. В регионах применения ИО собственники племенных животных обычно объединяются в крупные племенные организации, такие как кооперативы или частные племенные компании. За последние двадцать лет в развитом мире центры по искусственному осеменению отвечают за организацию оценки быков по качеству потомства и за распространение семени выдающихся производителей.

Множественная овуляция и трансплантация эмбрионов. Увеличение скорости репродукции путем использования МОТЭ применимо, главным образом, для видов с низкой скоростью размножения, таких, как, например, крупный рогатый скот. Успех обеспечивается высокой интенсивностью селекции со стороны самок и более точной оценкой их племенной ценности. Чем больше количество потомков, тем больше доступно информации о сибсах. Это позволяет получать обоснованные надежные оценки племенной ценности в раннем возрасте, особенно, когда признаки характерны только для одного пола (самки). Практически, это означает, что нет необходимости ждать оценки самцов по потомству – они могут быть отобраны в раннем возрасте на основании информации об их полусибсах - сестрах. Наличие длительного генерационного интервала компенсируется повышением точности оценки путем замены проверки по потомству оценкой по полусестрам. Возможность отбора в раннем возрасте, даже среди эмбрионов, главное обоснование применения МОТЭ в разведении свиней. Эмбриотрансплантация используется также для распространения желательных генов от выдающихся самок с минимальным риском заболеваний, так как животные не нуждаются в транспортировке.

Использование МОТЭ дорого и требует высоко развитых технических навыков. Дополнительной проблемой является то, что для проведения этой процедуры должна иметься группа коров-реципиентов, и они должны быть синхронизированы по фазам полового цикла. Это можно сделать только в большом

централизованном нуклеусном стаде. Во многих случаях было бы лучше инвестировать ресурсы в базовые требования – регистрацию и обработку данных по признакам продуктивности, их расширение и распространение. Это тем более справедливо, поскольку МОЭТ, по-видимому, менее эффективно, чем ИО в усилении генетического прогресса. Тем не менее, использование ИО и/или МОЭТ достаточно эффективно и может применяться некоторыми фермерами.

Криоконсервация спермы и эмбрионов дает возможность племенным организациям создавать генные банки как резервный запас генетического разнообразия для племенных программ. Более того, это облегчает обмен и транспортировку генетического материала у жвачных и является основной предпосылкой для широкого применения ИО и МОЭТ в мировом масштабе.

Клонирование (соматических клеток) является новой технологией, которая в настоящее время еще не имеет коммерческого использования. Частично это из-за технических и экономических причин, и частично потому, что в настоящее время широкое использование не приветствуется общественностью. Клонирование потенциально может быть использовано для сохранения, поскольку ткани могут быть легче сохранены, чем эмбрионы.

Определение пола у эмбрионов или семени может способствовать получению большого количества животных определенного пола. Например, предпочтение в потомстве самцов или самок очевидно у крупного рогатого скота – самки для производства молока, и самцы для производства мяса. Большое количество усилий делается для развития соответствующих технологий. В настоящее время идентификация эмбрионов мужского и женского пола возможна при использовании разных методов. Однако, за небольшим исключением, эти технологии селекционерами или фермерами широко не используются. Делались различные попытки разделить сперму на основе характеристик, связанных с полом. Однако требуются дальнейшие разработки для того, что бы эта технология могла быть применена в большом масштабе.

Использование выше описанных методов по репродукции и сохранению означает, снижение необходимости в транспортировке племенных животных. Более того, эти технологии открывают возможность контролировать здоровье отар и стад, даже когда эм-

РАЗДЕЛ 4

брионы происходят из стран с радикально отличающимися требованиями к этому показателю.

2.5 Экономические вопросы

Любая экономическая оценка должна рассматривать возврат затраченных средств. Поскольку селекция животных – долговременный процесс, его результаты могут быть получены через много лет. Кроме того, различные затраты и их возмещение реализуются в разное время с различной вероятностью, и многие вопросы, не существенные для относительно краткосрочных процессов, иногда становятся главными в долгосрочной перспективе.

До появления репродуктивных биотехнологий главные затраты при осуществлении селекционных программ были связаны с измерением признаков и их регистрацией, проверкой по потомству и содержанием племенного стада. Хотя главной целью большинства систем регистрации является племенная работа, необходимо отметить, что эта информация полезна для других мероприятий, таких как выбраковка и прогнозирование будущей продукции.

Животноводство в развитом мире становится более сложным и профессиональным, и, следовательно, более дорогостоящим. Поэтому экономическая ситуация наиболее изменчива, если не все селекционные или экономические вопросы не включены в область оценки. Основами для экономической оценки являются прибыль, экономическая эффективность, или возвращение инвестиций. Когда селекционные цели разработаны самими животноводами и для них самих, основное внимание уделяется максимизации прибыли. В развивающихся странах рынки, как правило, более локальны, но работают те же механизмы. Желательно, таким образом, выбирать максимизацию прибыли, если нет очевидных оснований избирать другую стратегию.

Критическим экономическим вопросом являются следующие: кто будет платить за генетическое улучшение? Этот вопрос не особенно важен, когда полностью интегрированы племенные хозяйства, племенные репродукторы и товарные хозяйства. Однако в других ситуациях, в которых не существует вертикальной интеграции, случается, что те, кто вкладывает капитал в селекционную деятельность, неспособны вернуть свои инвестиции в соот-

ветствующем размере. Обычно именно это и является обоснованием вовлечения общественного сектора в один или более аспектов генетического улучшения.

В условиях свободной рыночной системы племенные организации должны соответствовать запросам своих клиентов – коммерческих производителей, которые обычно готовы только тогда платить за улучшенных селекцией животных или семя, если это будет увеличивать их прибыль. Однако интересно отметить, что даже если тенденция в селекции уже не кажется экономически оправданной, это может продолжаться в течение длительного периода времени (вставка 80). При системе государственных субсидий, все или часть стоимости генетического улучшения оплачивается налогоплательщиками. В этом случае селекционные программы должны быть предметом тщательного изучения для того, чтобы гарантировать, что они действительно приносят некоторую социальную пользу. Это могло бы включать, например, предоставление более безопасных, более питательных или менее дорогих продуктов потребителю, или уменьшение негативных экологических последствий животноводства.

3 Элементы селекционной программы

Элементы, включаемые в программу по разведению, определяются выбором общей селекционной стратегии. Таким образом, первое решение заключается в выборе одной из трех главных селекционных стратегий для генетического улучшения: селекция между породами, селекция в пределах породы или линии, или кроссбридинг (Simm, 1998).

- При селекции между породами самым радикальным вариантом является замена генетически худшей породы на лучшую. Это может быть сделано одновременно (в случаях как у птиц, когда стоимость не является препятствием), или постепенно, повторными бэккроссами с превосходящей породой (у крупных животных).
- Перекрестные скрещивания, второй быстрый метод, использует в своей основе эффект гетерозиса и комплементарности между породными характеристиками. Обычные

системы перекрестных скрещиваний (ротационные системы и системы терминальной селекции) широко обсуждаются (например, Gregory, Cundiff, 1980). Скрещивание животных *inter se* в новых разработанных сочетаниях предлагается как альтернативная форма кроссбридинга (Dickerson, 1969; 1972).

- Третий метод, внутривидовая селекция, дает самое медленное генетическое улучшение, особенно когда интервал между поколениями длителен. Однако такое улучшение имеет постоянный и совокупный характер, чего нет в случае программ по скрещиванию.

Постепенное генетическое улучшение является наиболее устойчивой формой усовершенствования, поскольку дает заинтересованным лицам время для адаптации системы производства к вводимым изменениям. Когда признаки, по которым ведется отбор (признаки интереса) множественны и/или между некоторыми из них обнаруживается антаго-

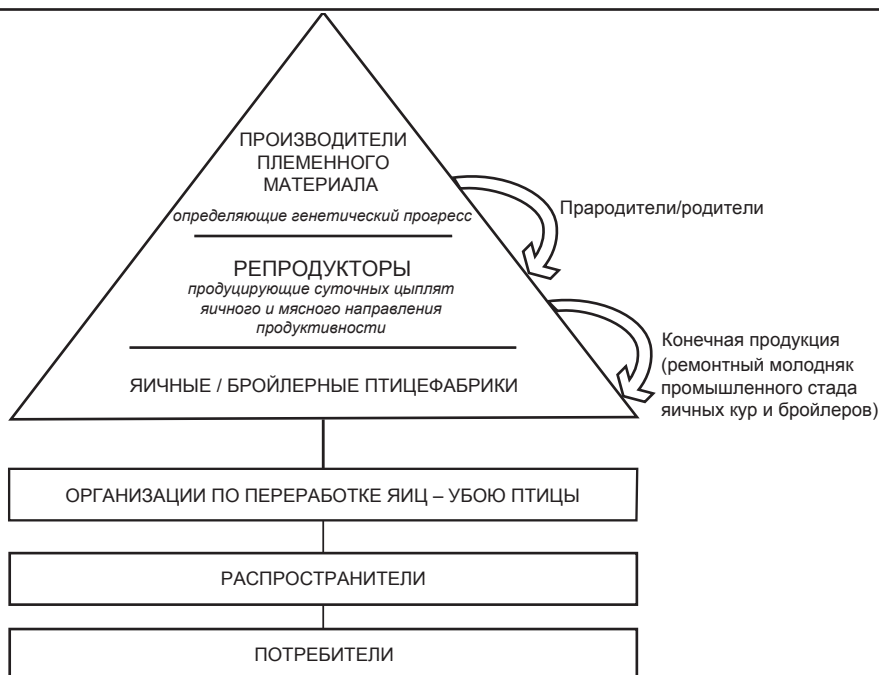
низм, они могут поддерживаться внутривидовой селекцией. Такие линии затем могут скрещиваться для получения коммерческих животных. Эта стратегия используется в селекции свиней и птиц.

Разработка селекционной программы включает определение ее главной цели (Groen, 2000) и создание схемы, позволяющей продвигать генетический прогресс в направлении этой цели. На практике это включает управление людьми и ресурсами, так же как применение принципов генетики и селекции животных (Falconer, Mackay, 1996). Каждый аспект селекционной программы включает множество процессов, индивидуумов и некоторых институтов. Успех зависит от того, насколько хорошо все организовано и как используются доступные ресурсы для достижения целей заинтересованных лиц.

Лицами, заинтересованными в селекционной программе, являются все те, на которых ее успех может тем или иным путем оказать влияние. Они включают конечных пользователей программы

РИС. 48

Структура селекционной индустрии птиц



РАЗДЕЛ 4

(например, производителей животноводческой продукции), коммерческие компании и всех других, кто прямо или косвенно инвестирует эту программу, государственные структуры, ассоциации по породам, и тех, кто работает для осуществления программы. Другие заинтересованные лица включают вспомогательные службы, такие как поставщики, дистрибьюторы и продавцы побочных продуктов.

Большинство программ имеет пирамидальную структуру (Simm, 1998), с разным количеством рядов в зависимости от сложности. На вершине пирамиды находится ядро, где сконцентрированы селекция и разведение потомства элитных животных. Размножение этих животных происходит в средних рядах. Это необходимо, когда количество животных в ядре недостаточно для удовлетворения запросов коммерческих фермеров. Нижний ряд включает коммерческие единицы, которые распространяют конечный продукт. Пирамидальная структура племенной индустрии птиц представлена на рисунке 48.

Деятельность по построению селекционной программы может быть подразделена на восемь главных шагов (Simm, 1998):

- выбор цели селекции;
- выбор селекционных критериев;
- разработка схемы селекции;
- регистрация животных;
- генетическая оценка животных;
- отбор и разведение;
- мониторинг прогресса; и
- распространение генетического усовершенствования.

Эти шаги будут описаны в следующих подразделах. Однако читатель должен знать, что, планирование, выполнение и оценка образуют непрерывный процесс – к этим элементам необходимо обращаться постоянно и в интерактивном режиме. Следующим важнейшим элементом является необходимость подробной документации в деталях всей области селекционного плана и его выполнения в течение долгого времени.

3.1 Селекционные цели

Цель селекции заключается в определении признаков, подлежащих генетическому улучшению. Эти действия должны лежать в русле национальных задач развития сельского хозяйства, соответствовать

системам производства продукции и породам, подходящим для данных систем. Задачи развития сельскохозяйственного производства традиционно включают экономические переменные, но при этом обязательно должны охватываться этические и социальные аспекты благосостояния человека. Эти задачи учитываются и при формулировании селекционных целей. Для их реализации существует множество инструментов, из которых наиболее общим является функция прибыли. В теории, получение прибыли является непосредственной целью, особенно в случае селекционных программ в пределах породы, поскольку это линейная функция относительно улучшаемых экономически ценных признаков. На практике же, однако, не так легко получить эту экономическую значимость, частично потому, что признаки могут варьировать во времени и в пространстве, и частично из-за недостатка времени, экспертизы, знания, ресурсов, и т.д. Таким образом, селекционеры управляют направлением изменения методом проб и ошибок, основанным на воспринятых ими рыночных требованиях и предпочтениях. Amer (2006) обсуждает другие инструменты для разработки целей селекции, таких как био-экономическая модель и модель генного потока.

Улучшение домашних животных определяется в данном наборе признаков, в целом рассматриваемых как «признаки экономической важности». В реальности признаки и их экономическая важность варьируют также широко, как и программы селекции. Для большинства сельскохозяйственных видов признаками экономической важности являются те, которые влияют на продуктивность, продолжительность жизни, здоровье и воспроизводство животных.

Для большинства признаков основной задачей является постоянное улучшение, но для некоторых целью является достижение промежуточных значений. Pharo и Pharo (2005) определили эти направления, соответственно, как селекция на «направление» и на «назначение». Примером последней является вес яиц у кур. Рынок предпочитает яйца в пределах определенного диапазона веса – например, между 55 и 70 граммами. Яйца меньше этого диапазона плохо продаются, и нет дополнительной прибыли от яиц большего веса. Учитывая, что размер яиц отрицательно коррелирует с их количеством, прочностью скорлупы и выживаемостью, отбор на увеличение веса яиц

не только снижает селекционную интенсивность, но и также противоположен продуктивности. Другой пример – размер тела. Для мясных животных размер при забое является важной определяющей стоимости. Размер тела является главным фактором, определяющим рацион кормления, влияя на потребность в питательных веществах для поддержания жизни. Это также может влиять на плодовитость. Последняя (сохранность телят или ягнят к отъему) является главным фактором, определяющим биологическую эффективность и доходность. Так как размер тела связан и с затратами, и с прибылью, трудно определить оптимальную ценность, особенно при пастбищ-

ной системе из-за трудностей при адекватном учете потребленного корма. Другой вопрос заключается в том, что большинство рынков мяса по-разному относится к животным, выходящим за желательный диапазон убойной массы (или живой массы). Например, на европейских рынках требуется минимальная масса туши, которую невозможно встретить у некоторых пород (например, породы санга из Намибии). Даже если имеющийся размер тела этого скота оптимален относительно биологической эффективности, более крупные животные могут быть более выгодными.

Цель селекции может быть поставлена неоднократно, или время от времени пересматриваться.

Вставка 80

Изменения размера животных в мясном скотоводстве США

В 1900 большинство мясного скота в США были представлены шортгорнами, герефордами или ангусами. Животные в то время были достаточно крупными, обычными были быки в 1 100 кг и коровы в 730 кг. Крупный рогатый скот выпасался (откармливался) прежде всего на пастбищах, поэтому возникла заинтересованность в животных, которых забивали бы в раннем возрасте с небольшой массой. Развивалось направление селекции, ориентированное на получение мелкого скота с повышенной способностью к откорму. Селекция была эффективной, и были достигнуты значительные изменения в популяциях крупного рогатого скота. После смены нескольких поколений (в конце 1920-х гг. – начале 1930-х гг.) крупный рогатый скот приобрел, вероятно, наиболее подходящий размер для условий производства, при которых они содержались в то время. Однако селекция продолжалась в том же направлении, и к 1950-м гг. крупный рогатый скот в наиболее ценных стадах был слишком мелким и склонным к откорму, чем это планировалось коммерческими программами производства.

Наибольшие изменения в индустрии мясного крупного рогатого скота в США начались в середине 1950-х годов с развитием больших откормочных площадок в штатах Больших Равнин. Чтобы быть выгодным в этих новых условиях, крупный рогатый скот должен был расти с довольно высокой скоростью в течение длительного периода откорма (четыре или пять месяцев),

не накапливая жира. Мелкий, рано жиреющий скот, популярный ранее, стал неприемлем для индустрии откорма. Получили популярность шароле и другие континентальные европейские породы, крупный рогатый скот британских мясных пород, селекционированные на увеличенный размер и рост. С середины 1950-х гг. до конца 1960-х гг. предпочтение отдавалось крупным животным, пока они были относительно компактны по своему телосложению. Однако с конца 1960-х годов стал популярным скот очень больших размеров, даже если животные были выше, и сильно отличались по своему виду от популярного скота более раннего периода. В течение нескольких лет крупный рогатый скот отбирался по крупности телосложения даже в континентальных европейских породах. Эта селекция оказалась весьма эффективной, и были получены большие животные.

Между серединой и концом 1980-х годов ряд ведущих селекционных организаций обнаружил, что эта тенденция зашла слишком далеко, и были предприняты необходимые меры для получения животных более умеренных размеров. В последние десять лет ряд селекционеров пришли к заключению о том, что животные промежуточных размеров предпочтительней по сравнению с другими крайними вариантами в любых направлениях. Однако широко это мнение не распространено, и во многих ведущих стадах сохраняется предпочтение к чрезвычайно большому крупному рогатому скоту.

РАЗДЕЛ 4

Решение принимается селекционерами, с обратной связью на всех этапах селекционной программы. В селекции свиней и птиц это решение принимается руководством селекционных компаний (научные руководители в согласии с техническими и коммерческими директорами). В селекции крупного рогатого скота решение принимается на уровне нуклеусов, но обычно при консультациях с людьми во всех других уровнях программы, включая коммерческий, на котором отражаются особенности собственности программы.

Результат селекционных программ, особенно в молочном и мясном скотоводстве, может быть получен спустя многие годы после принятия решения. Даже для птицы, у которой генерационный интервал короче, генетическое изменение, осуществленное в ядре, будет замечено на коммерческом уровне не ранее, чем через три года. Это подчеркивает необходимость оценки будущих требований при определении целей селекции.

На конкурентном рынке, таком как индустрия разведения птиц, определение признаков интереса и направления селекционной работы зависит не только от рыночных запросов, но также и от характеристик продуктов конкурирующих программ.

3.2 Селекционные критерии

Селекционные цели отличаются от селекционных критериев, которые используются при решении вопроса о том, какие животные будут выбраны в качестве родителей следующего поколения. Обычно решение включает создание «селекционного индекса». Измерения проводятся у животных-кандидатов и их родственников и распределяются согласно коэффициентам индекса, рассчитанным таким образом, чтобы максимизировать связь между селекционным индексом и целью селекции. Нужно подчеркнуть, что некоторые из признаков селекционных целей могут отличаться от тех, которые используются для построения селекционного индекса. Например, свиньи селекционируются на толщину шпика – это признак селекционной цели. Однако его невозможно оценить у отобранных кандидатов, поскольку для этого животное необходимо забить. Признак, который может быть использован для оценки – это толщина подкожного жира, его можно измерить ультразвуком и заре-

гистрировать. Там, где трудно или дорого получить информацию о взаимосвязях между животными, а признаки достаточно наследуемы, селекция может быть основана на индивидуальной продуктивности (массовая селекция). Построение селекционного индекса – техническая проблема, требующая высокой квалификации исполнителей.

Имеется множество обстоятельств, из-за которых в процессе селекции не учитываются многие признаки, не отнесенные к признакам селекционной цели. Это может серьезно уменьшить фактическую интенсивность отбора и, следовательно, ограничивать генетическое совершенствование. Иногда это приемлемо (например, генетический дефект является существенным основанием для выбраковки). В других случаях такие критерии сомнительны (например, «объем тела» как индикатор продуктивности) или не рекомендуются (например, общий вид или «молочный тип»).

3.3 Планирование селекционной схемы

Планирование программы разведения требует принятия определенных решений в логическом порядке. Создатель программы должен знать, что сам процесс эволюционирует во времени – от простого до растущего уровня сложности, по мере развития организации и возможностей. Большинство действий требуют решения, как лучше всего использовать имеющуюся популяционную структуру для надежного проведения улучшения и/или необходимого реструктурирования. Экономическая оценка – неотъемлемая часть этого процесса, она должна выполняться и на предварительной стадии, и для оценки реализуемых изменений в процессе выполнения программы.

Инвестиционные решения в селекционной программе должны оцениваться относительно трех условий, способствующих ускорению генетических изменений: интенсивность селекции, точность селекции и генерационный интервал. Основываясь на этих условиях, необходимо оценивать альтернативные сценарии. Важно использовать теоретическое знание количественной генетики для предсказания прибыли, ожидаемой от различных сценариев (Falconer and Mackay, 1996). Для этих целей должны быть рассчитаны популяционно-генетические параметры, такие как наследственность

и фенотипическая изменчивость признаков, необходимые для построения селекционных (Jiang и др., 1999). Затем составляется план соответствующих скрещиваний. Это должно позволить получить достаточное количество данных для генетической оценки, выявления элитных животных для нуклеуса и для размножения на нижних уровнях селекционной пирамиды. Надо отметить, что при выполнении этих действий, программа уже должна уточняться для ее оптимизации.

Разрабатывая селекционную программу, нельзя забывать, что множество аспектов прямо влияют на скорость репродукции животных. Более высокая скорость репродукции означает, что необходимо меньшее количество племенных животных. Большее количество потомков позволяет более точно оценивать селекционную ценность животного.

3.4 Учет данных и управление

Регистрация данных по признакам продуктивности и родословных - главная движущая сила для генетического улучшения. Полные и точные измерения определяют эффективность селекции, однако, на практике возможности для этого ограничены. Вопрос заключается в следующем: какие признаки подлежат измерению и у каких животных? В первую очередь, должны быть измерены признаки, включенные в цель селекции, но это будет зависеть от трудоемкости и стоимости измерений. По крайней мере нуклеусные животные должны быть оценены по признакам продуктивности и родословным.

Коллекция данных о признаках продуктивности, на которых основываются принятие селекционных решений, является жизненно важным компонентом любой селекционной программы, и это так и должно рассматриваться, а не как вторичный продукт системы регистрации, исходно запланированный для помощи краткосрочному управлению (Bichard, 2002). Задача сбора, сопоставления и использования данных для генетической оценки требует хорошей организации и значительных ресурсов (Wickham, 2005; Olori и др., 2005). Во многих случаях, вероятно, необходимо создание специальных структур и схем на местах для создания и регистрации необходимых данных. Стоимость и сложность таких схем варьирует в зависимости от типа селекционной организации, типа признаков и методов тестирования.

Тип селекционной организации. Компании по селекции свиней и птиц имеют внутренние услуги для сбора и хранения всех необходимых данных, тогда как другие селекционные организации могут полагаться на ресурсы, принадлежащие более чем одному заинтересованному лицу. Например, такая ситуация типична для селекционных программ по молочному скотоводству у крупного рогатого скота (см. подраздел 4.1).

Тип признака. Если признаком интереса является масса тела живого животного, все, что нужно – это весы. Однако, чтобы измерить оплату корма у отдельных животных, необходимо более сложное оборудование, позволяющее регистрировать индивидуальное потребление корма.

Признаки продуктивности против оценки по потомству или оценки по боковым родственникам. При оценке признаков продуктивности, признаки интереса учитываются непосредственно по каждому животному. Например, масса тела и рост часто регистрируются за определенный период в течение всей жизни мясного скота, свиней, цыплят бройлеров или индеек. Чаще всего животные находятся в сходных условиях содержания в течение того периода времени, за который учитывают отдельные признаки продуктивности. Это может выполняться на ферме или на станции оценки признаков продуктивности, где крупный рогатый скот или свиньи из различных стад или ферм содержатся вместе для непосредственного сравнения при одинаковых условиях содержания.

Иногда необходимая информация не может быть получена путем прямого измерения у отобранных кандидатов, или проявление признака ограничено полом, как в случае молочной и яичной продукции, или из-за того, что признак может быть зарегистрирован только после смерти животного (например, состав туши). В таких ситуациях требуется непрямой анализ путем тестирования потомства и/или родственников. Это также необходимо в случае низкой наследуемости признака, что требует повторных учетов для точной оценки каждого животного. Проверка по потомству основывается на схеме, в которой индивидум оценивается на основе данных продуктивности его потомков. Это главным образом связано с самцами (Willis, 1991), поскольку

РАЗДЕЛ 4

легче получить большое число потомков от одного самца, чем от самки. Обычно не все самцы тестируются по потомству, а только те, которые рождены от «элитных спариваний». Тестирование по потомству необходимо для повышения точности отбора у видов с низким уровнем репродукции и для тестирования взаимодействий «генотип–среда».

Для многих видов жвачных ограничивающей может быть стоимость централизованных услуг оценки по потомству. Поэтому обычной практикой является вовлечение в этот процесс максимально возможного числа фермеров или товарных производителей. Для фермеров выгодно получать сперму от проверяемых производителей, для использования на части их самок. Поскольку у молодых самцов отсутствуют доказанные данные об их генетических преимуществах, для фермеров часто это является хорошим стимулом для участия в проверке по потомству (Olori и др., 2005). При таких обстоятельствах основную стоимость тестирования (несколько сотен тысяч долларов США) часто берут на себя владельцы проверяемых производителей.

Информация о родословной. В дополнение к регистрации признаков продуктивности, генетическая оценка в селекционных программах требует информации о происхождении животных. Качество информации о родословной зависит от ее глубины и полноты. Является ли задачей селекции генетическое улучшение или сохранение генетического разнообразия, в любом случае родословные всех селекционируемых животных должны регистрироваться и поддерживаться.

Информационные системы. При наличии ресурсов централизованная база данных с общим доступом выгодна и экономически оправдана (Wickham, 2005; Olori и др., 2005). Обеспечение всесторонней информацией от такой системы, связанной с управлением, часто служит стимулом для дальнейшего участия в схемах регистрации данных. Для небольших селекционных программ может быть достаточным наличие одного персонального компьютера с необходимым программным обеспечением, в то время как программы национального уровня могут потребовать специализированных структур, использующих современные информационные технологии (Grogan, 2005; Olori и др., 2005).

3.5 Генетическая оценка

Селекционный прогресс требует, чтобы животные с выдающимися генотипами по признакам интереса использовались для получения следующего поколения. Идентификация этих животных требует выявления вклада факторов окружающей среды в наблюдаемые фенотипические проявления. Это достигается определением предварительной племенной ценности или генетической оценкой. Такая процедура обязательна для каждой селекционной программы.

Генетическая оценка должна быть надежной. Методология BLUP, применяемая ко множеству моделей, в зависимости от признаков и доступности данных, стала стандартным методом для почти всех видов сельскохозяйственных животных. Оценка необходима для лучшего использования вложений в базу данных и управления базами данных. Оценка племенных качеств, основанная на BLUP, зависит от точности измерения первичных данных и их структуры. Если исходные требования выполняются, вложения в BLUP обычно оказываются высоко рентабельными.

Оценка по разным стадам имеет преимущества, поскольку позволяет обоснованно сравнивать прогнозируемую племенную ценность (PBV) животных в разных стадах, что приводит к отбору большего количества животных из генетически продвинутых стад. Для использования информации по разным стадам необходима правильная организационная структура. Это может достигаться путем тесного взаимодействия между селекционерами, их ассоциациями и университетскими или исследовательскими центрами. Очень важным является индивидуальная идентификация всех животных, по которым собираются данные для селекционной схемы. Аналитики данных, под руководством и при помощи членов породной ассоциации, разделяют животных на относительно однородные группы (группы животных приблизительно одного и того же возраста, которые подвергались одним и тем же воздействиям). Такое распределение является очень важным для точности генетической оценки. Заводчики представляют данные в ассоциацию, и после проверки очевидных ошибок информация отправляется для анализа, проводимого экспертной комиссией. Для жвачных оценки проводятся один или два раза в год, однако для программ по мясу свиней и птицы, где отбор проводится на месячной, недельной

или двухнедельной основе, оценки должны проводиться постоянно.

Результаты генетических предсказаний (PBV и составные индексы) обычно печатают в племенном сертификате животного. Принято печатать PBV в каталогах продажи животных и их семени. Это означает, что конечные пользователи (фермеры) должны понимать и принимать полученные EBV и знать, как их использовать. Нет смысла в проведении генетических оценок, если их результаты не используются конечными пользователями.

Типичное подразделение, в чьи обязанности входит генетическая оценка, требует наличия квалифицированного штата сотрудников и достаточных материальных ресурсов для анализа данных и выдачи соответствующего заключения, облегчающего селекционное решение. Многие крупномасштабные селекционные программы имеют специализированные внутренние подразделения для генетической оценки. Однако и внешнему учреждению также легко выполнить такую оценку, многие университеты и исследовательские центры предлагают услуги по генетической оценке для национальных и ненациональных селекционных программ. Такие услуги могут применяться для различных пород или видов, поскольку принципы генетической оценки и используемое программное обеспечение сходны. Вероятно, наиболее известной организацией по генетической оценке с международной репутацией является Служба международной оценки быков (INTERBULL). Центр, который базируется в Шведском аграрном университете (г. Уппсала), был основан как постоянная подкомиссия Международного комитета по регистрации животных (ICAR), и обеспечивает международную генетическую оценку для облегчения сравнения и отбора молочных быков в международном масштабе. Другим примером является BREEDPLAN, коммерческая служба генетической оценки мясного крупного рогатого скота, базирующаяся в Австралии и имеющая клиентов во многих странах.

3.6 Селекция и спаривание

Отбор прежде всего должен быть основан на селекционных критериях. Должно быть отобрано как можно меньше животных каждого пола для того, чтобы максимизировать интенсивность отбора, и только с тем ограничением, чтобы количество животных со-

ответствовало требуемому для минимального размера популяции и было достаточным для репродуктивных целей. Поскольку степень размножения самцов в общем много выше, чем самок, обычно самцов отбирается много меньше, чем самок.

Отобранные кандидаты могут иметь разный возраст и поэтому о них может иметься разное количество информации. Например, старые самцы могут быть оценены по потомству, в то время как для молодых единственной доступной информацией будет оценка по собственной продуктивности или продуктивности их матерей или сибсов. Если применяется BLUP, такие кандидаты могут легко и обоснованно сравниваться. Вероятно, лучшим подходом является отбор большего количества животных с точными EBV, и только очень хороших животных с менее точным EBV.

Широко признано, что использование информации о родственниках, как это происходит в BLUP, увеличивает вероятность совместного отбора близких родственников, что в свою очередь приводит к увеличению инбридинга. Для снижения инбридинга используются различные методы с одновременной поддержкой высокой степени генетического улучшения. Все эти методы основываются на одном и том же принципе – уменьшении взаимосвязей между отбираемыми индивидуумами. Разработаны компьютерные программы для оптимизации селекционных решений для существующего списка кандидатов, для которых имеются информация по родословной и EBV. Специальные методы контроля инбридинга включают: отбор достаточного количества самцов, поскольку степень инбридинга зависит от эффективной численности популяции; ограничение отбора самцов в пределах нуклеуса; ограничивают количество отбираемых близких родственников (особенно самцов) из семьи; ограничивают количество самок, спаривающихся с одним и тем же самцом; и избегают скрещиваний между полными и полусибсами. Эти простые правила оказываются весьма эффективными для поддержания низкого уровня инбридинга в коммерческой селекции птиц и свиней.

Спаривания между отобранными животными могут быть или не могут быть случайными. В последнем случае лучшие из отобранных самцов скрещиваются с лучшими из отобранных самок – это известно как ассортативное спаривание. Средняя генетическая

РАЗДЕЛ 4

ценность потомства, рожденного в следующем поколении, не меняется, но увеличивается разнообразие между потомством. Когда в задачи селекции включается много признаков, ассортативное спаривание может быть полезным – комбинируются качества разных родителей для разных признаков.

Любая стратегия спариваний требует достаточных средств. Для естественного спаривания животные должны быть размещены рядом друг с другом в одном загоне, отдельно от других животных репродуктивного возраста. Может использоваться ИО, но это тоже требует набора ресурсов и знания дела (взятие семени, замораживание и/или хранение, и осеменение).

3.7 Контролирование прогресса

Это включает периодическую оценку программы в отношении достижения ею поставленных целей. Если необходимо, может проводиться переоценка целей и/или селекционных стратегий. Мониторинг также важен для раннего выявления нежелательных эффектов селекционного процесса, таких как снижение резистентности к заболеваниям или уменьшение генетической изменчивости.

Чтобы оценить прогресс, фенотипические и генетические тенденции обычно оценивают по сравнению среднегодовых фенотипических и селекционных показателей с характеристиками в год рождения. Дополнительно к этой информации селекционеры регулярно проводят оценку внутренних и внешних продуктивных признаков. Внешняя схема тестирования касается проверки действия широкого диапазона факторов среды для того, чтобы убедиться в хорошей продуктивности отобранных животных в различных условиях. Другим источником информации, и, вероятно, наиболее важным, являются результаты полевых испытаний и обратная связь с потребителем. В конечном счете, потребитель является лучшим судьей выполненной работы.

3.8 Распространение генетического прогресса

Значение выдающихся индивидуумов невелико, если они эффективно не способствуют улучшению генного пула (генофонда) популяции в целом. Ширина генетического улучшения зависит от распространения генетического материала. В этой связи особую важность

имеют репродуктивные технологии, особенно ИО. Однако их значимость различна для разных видов сельскохозяйственных животных. В селекции овец и коз обмен генетическим материалом зависит от продажи живых животных. В случае крупного рогатого скота, ИО позволяет быка, отобранного в нуклеусе, использовать достаточно широко. В принципе, нет никаких ограничений для использования выдающегося быка в целях получения большого количества потомства по всей популяции. Однако, интенсивное использование ИО спермой быков, находящихся друг с другом в родстве, в конечном счете приведет к инбридингу.

Необходимо применять описанные выше элементы, способствующие уменьшению вероятности инбридинга, даже при стандартных условиях. Структура селекционной работы не всегда требует сложных систем регистрации данных и генетической оценки, и при этом изначально не требуется использование репродуктивных технологий. Структура селекционной работы должна определяться в соответствии с возможностями и ее оптимальностью для конкретных условий. При планировании селекционной программы необходимо учитывать средовые или инфраструктурные ограничения, традиции, социо-экономические условия.

Вставка 81 Проблемы отелов у бельгийского бело-голубого крупного рогатого скота

В мясном скотоводстве спрос на мясо высокого качества приводит к использованию таких пород, как бельгийская бело-голубая, имеющая выдающиеся фенотипы (синдром двойной мускулатуры). Однако у этой породы обнаруживается чрезвычайно высокая частота кесаревых сечений (Lips и др., 2001). За короткое время их частота не может быть существенно снижена, так как крайне выраженная мускулатура у бельгийской бело-голубой главным определяется геном миостатина, аутомсомным рецессивным геном, локализованным на хромосоме 2. Поэтому сокращение числа тяжелых отелов на фоне поддержки крайней выраженности мускулатуры будет весьма сомнительно. Из-за этого, так же как и очевидных проблем защиты животных, будущее данной породы находится под вопросом.

Вставка 82

Применение кроссбридинга для решения проблем инбридинга у голштинского скота

Голштинская порода КРС, в которой чрезвычайно широко распространены гены американских голштинов, в значительной степени вытеснила другие породы молочного скота в большей части мира. Признакам продуктивности и структурным характеристикам уделялось большее внимание из-за умеренно высокой наследуемости и легкости сбора данных. Однако плодовитость самок, легкость отелов, смертность телят, их здоровье и выживаемость до недавнего времени игнорировались. Проблемы, связанные с функциональными при-

знаками, вместе с ростом инбридинга в международном масштабе, привели к огромному интересу к кроссбридингу у коммерческих молочных производителей. Чистопородные производители и в дальнейшем будут использоваться для кроссбредных спариваний с молочными телками и коровами. В большинстве кроссбредных систем разведения молочного скота используется три породы для оптимизации уровня гетерозиготности.

Для дальнейшей информации см.: Hansen (2006).

Таблица 99

Задачи селекции у жвачных

Задачи/продукция	Критерии	Дальнейшая спецификация
Признаки продуктивности		
Молоко	Количество	Производство молока его носителем
	Содержание/качество	% белка, % жира, количество соматических клеток в молоке, свертываемость молока
Мясо	Скорость роста	В различных возрастах
	Качество туши	Содержание жира, соотношение костный скелет/мясо
	Качество мяса	Нежность, сочность
Шерсть	Количество	Длина, диаметр
	Качество волокна	
Функциональные признаки		
Здоровье и благополучие	Генетические дефекты	BLAD, синдактилия и CVM
	Частота маститов	
	Структура вымени	Прикрепление вымени, глубина вымени и характеристики сосков
	Конечности и проблемы конечностей	
	Подвижность	Показатели дефектов копыт
Репродуктивная эффективность	Фертильность самок	Проявление охоты (течки), число осеменений на одно плодотворное
	Фертильность самцов	Оплодотворяющая способность
	Легкость родов Количество живых потомков	Прямые и материнские эффекты, мертворождения
Эффективность кормления	Эффективность конверсии кормов Продолжительность молочной продуктивности	
Рабочие возможности	Молокоотдача Поведение	Скорость молокоотдачи
Продолжительность	Функциональная жизнь стада	

РАЗДЕЛ 4

4 Селекционные программы в высокозатратных системах

В высокозатратных системах постоянное генетическое улучшение обеспечивается, главным образом, прямой селекцией в породе или линии. В случае жвачных, выдающиеся результаты, полученные в результате работы этого метода, являются в большей степени следствием сильной позиции и активной работы ассоциаций заводчиков. Кроссбридинг используется для проявления гибридной силы (гетерозиса) и комплементарности (дополнительности). В селекции свиней и птиц селекционеры концентрируют свои усилия на внутривидовой или линейной селекции и используют кроссбридинг для получения эффекта гетерозиса по признакам приспособленности и комплементарности для других признаков.

Число компаний по селекции сельскохозяйственных животных в мире относительно невелико, но они имеют огромное экономическое значение, а их работа в глобальном масштабе последовательно нарастает. Как это будет проиллюстрировано в следующих подразделах, структура селекционных организаций существенно различается по видам сельскохозяйственных животных.

4.1 Селекция молочного и мясного крупного рогатого скота***Селекционные критерии***

У молочного крупного рогатого скота за прошедшие десятилетия существенно возросли такие показатели, как средний удой молока, выход жира и белка на корову в год в результате широко распространенного использования таких пород, как голштин-фризы и интенсивной селекции в пределах породы. Это увеличение также отражает тот факт, что продуктивность много лет была основной целью селекции, с отбором, основанным на признаках продуктивности и морфологических характеристиках.

Последние годы растет внимание потребителей к проблемам защиты животных и использованию антибиотиков в животноводстве. Селекционные организации также пришли к выводу о том, что отбор исключительно по выходу продукции на животное приводит к ухудшению здоровья и репродуктивной

функции, увеличивает метаболическое напряжение и уменьшает продолжительность жизни (Rauw и др., 1998). В результате усилился акцент на функциональных чертах и меньше внимания обращается на выход конечной продукции. В настоящее время отбор по функциональным признакам больше основывается на их прямой регистрации, чем на их типировании. Селекционные оценки для широкого диапазона функциональных черт разработаны и используются в большинстве стран. Это позволяет селекционным организациям и фермерам обращать прямое внимание на эти признаки при выборе селекционных решений.

Заводчики сталкиваются с трудностями в двух областях – разведение (включая регистрацию) и продажи. Что касается разведения, проблемой являются скоррелированные ответы на селекцию. В большинстве селекционных программ по крупному рогатому скоту создается совокупный индекс, включающий такие признаки, как рост, удой, плодовитость, экстерьер, количество соматических клеток в молоке, легкость отелов и продолжительность продуктивной жизни (табл. 99). У молочного крупного рогатого скота главным объектом внимания был (и все еще остается) общий удой молока, несмотря на отрицательные генетические корреляции между удоем молока, воспроизводством и признаками, связанными со здоровьем. Таким образом, наблюдаются нежелательные побочные эффекты – включая пониженную плодовитость, повышенную чувствительность к маститам, проблемы конечностей и кетозов.

У мясного крупного рогатого скота и овец селекция на скорость роста приводит к увеличению массы при рождении и увеличению риска проблем при родах. Повышенная скорость роста, как ожидается, приводит к увеличенному размеру тела у взрослых самок. Это может приводить к пониженной репродукции, особенно если крупные животные не могут быть обеспечены кормами в соответствии с их пищевыми запросами. Можно избежать, или, по крайней мере, уменьшить такие нежелательные эффекты, увеличивая долю функциональных признаков в селекционных индексах. Это предполагает, что такие признаки могут быть непосредственно измерены. Регистрация функциональных черт часто остается сложным участком, затрудняющим их включение в селекционные схемы. Это может быть продемонстрировано примером оценки эффективно-

Вставка 83

Красный норвежский скот – селекция по функциональным признакам

Красная норвежская порода является высокопродуктивной молочной породой крупного рогатого скота, у которой плодовитость и здоровье включены в селекционный индекс (известный как Индекс полной прибыли - ИПП), который используется с 1970 г. Случай с этой породой является практической иллюстрацией того, что функциональные и продуктивные признаки могут быть успешно соединены в устойчивую программу селекции. Это достижение было основано на эффективной системе регистрации с учетом функциональных признаков. Эта программа проводится GENO, кооперативом собственников, и находится под управлением Ассоциации норвежских молочных фермеров. Обычно в ИПП включают десять признаков. Относительный вес каждого указан в следующем списке:

Молочный индекс	0,24
Устойчивость к маститу	0,22
Плодовитость	0,15
Вымя	0,15
Мясо (скорость роста)	0,09
Конечности	0,06
Темперамент	0,04
Другие болезни	0,03
Мертворождения	0,01
Легкость отелов	0,01

Главными особенностями программы является то, что более 95% стада включено в систему регистрации и в компьютеризированный план спаривания, в 90% случаев осеменение коров осуществляется с использованием ИО и 40% используемых быков тестированы. Все диагнозы и регистрация здоровья выполняются ветеринарами, и поддерживается база данных по потомству и связанной с ИО информацией. Ежегодно около 120 юных быков тестируются по группам потомков, включающих от 250 до 300 дочерей – что позволяет учитывать признаки с низкой наследуемостью (такие как мастит с наследуемостью 0,03 и другие болезни с 0,01), что обеспечивает высокую точность селекционного индекса.

Молочная продуктивность за лактацию в лучших стадах превышает 10 000 кг с выдающимися коровами, дающими более чем 16 000 кг. Генетическая тенденция в отношении фертильности положительна, в популяции 74% коров плодотворно осеменяются в течение 60 дней после отела. Между 1999 и 2005 гг. частота маститов у коров уменьшилась от 28% до 21%, причем снижение на 0.35% в год является результатом генетического улучшения. Трудные отелы составляют менее 2% от всех отелов и только менее 3% отелов приводят к мертворождениям.

Устойчивость селекционной программы обеспечивается рядом факторов.

- И продуктивность, и функциональность проявляются во многих признаках и обладают существенным весом в стратегии селекции.
- Много различных комбинаций оцениваемых факторов приводят к более полной селекционной оценке. Это позволяет отбирать животных от различных линий и, таким образом, автоматически уменьшать риск инбридинга.
- Селекционная работа основана на данных по обычным молочным стадам, которые гарантируют, что реализация селекционной программы приводит к получению животных, приспособленных к реальным условиям производства.

Предоставлено Erling Fimland.
Дополнительную информацию см.: http://www.geno.no/genonett/presentasjonsdel/engelsk/default.asp?menyvalg_id=418



Фото: Erling Fimland.

сти использования кормов. Регистрация потребления кормов у большого количества животных в настоящее

время невозможна, что предотвращает эффективный отбор по этому признаку.

РАЗДЕЛ 4

Имеются также проблемы, связанные с молочным рынком. Для молока в большинстве стран в течение долгого времени использовались достаточно хорошие методы управления, и качество продукта имело прямое влияние на его цену. В случае производства мяса, однако, контроль и организация производственной цепочки традиционно были плохими, что ограничивало возможности улучшения качества. Таким образом, фермеры не получают соответствующего вознаграждения за качество мяса, и часто имеют только ограниченное вознаграждение за качество туши.

Организация и развитие селекционного сектора

Из-за низкой репродуктивной скорости, длинного генерационного интервала и большей необходимой площади на одну голову селекция крупного рогатого скота имеет более сложную и открытую организационную структуру, чем селекция птиц или свиней. Поток генов может двигаться от селекционеров к производителям и наоборот. Информационные ресурсы распределяются между разными участниками программы на разных уровнях. В типичной молочной селекционной программе информация по потомству регистрируется, накапливается и управляется ассоциациями по породе, в то время как данные по молочной продуктивности принадлежат фермерам, но собираются и контролируются организациями по учету и оценке качества молока. Информация по плодовитости и признакам репродукции собирается и хранится компаниями, которые оказывают услуги по ИО, в то время как информация о здоровье животных, как правило, находится у ветеринаров. Часто эти организации разобщены и могут сохранять информацию в разных системах.

Поскольку продукция КРС является основным элементом сельскохозяйственного производства и поскольку селекция является главным фактором, определяющим уровень этого производства, селекционные программы по этому виду животных имеют больше вложений от государственных агентств, чем в селекции птиц и свиней, и, следовательно, имеют характерные особенности, специфичные для страны. Большинство программ либо иницируются, либо развиваются при поддержке или грантах национальных правительственных агентств (Wickham, 2005). Такие организации как Лаборатория по про-

граммам улучшения животных (Animal Improvement Programs Laboratory - AIPL) Департамента сельского хозяйства США, Канадская молочная сеть (Canadian Dairy Network - CDN), Cr-Delta в Нидерландах, и l'Institut de l'Élevage (IE) во Франции, играют ведущую роль в разработке и реализации селекционных программ по КРС в соответствующих странах, особенно в управлении данными и генетической оценке. То же самое в случае ассоциаций по породам, играющим главную роль в поддержании и увеличении интегрированности соответствующих пород. Доказательством успешных действий Мировой федерации голштино-фризов (World Holstein-Friesian Federation - WHFF) является широкое использование быков-производителей этой породы в большинстве молочных стад в западном мире. Формирование гленной книги стада и осознание важности выставочной работы (выполняющейся строго в пределах породы), способствовали развитию и сохранению всех главных пород молочного и мясного скота.

Селекционные программы, выполняемые центрами по ИО, развиваются от местных до национальных уровней и по ним возрастают международные взаимодействия. Распределение генетического материала от «выдающихся» животных сделано глобальным. Ожидается, что в следующие 10 - 15 лет центры по ИО будут объединены в несколько мировых селекционных компаний, таких, какие сейчас существуют в секторах птицеводства и свиноводства. Например, в начале 1990-х годов селекционная программа Genus была главной программой по крупному рогатому скоту в Великобритании. С годами Genus объединился с ABS genetics из США, сформировав глобальную компанию, которая теперь использует достижения генетики в породах молочного и мясного скота более чем в 70 странах. Недавно Genus был куплен Sygen, биотехнологической компанией.

Селекционные программы для крупного рогатого скота основываются на коммерческих производителях, генерирующих необходимые данные для генетической оценки. Регистрация данных, таким образом, реализуется на всех уровнях породной пирамиды. Это требование является важнейшим в случае разработки программ по совершенствованию молочного скота, для которых необходимы большие группы потомков для точной оценки быков (особенно для признаков

с низкой наследуемостью), или у мясного скота для того, чтобы оценить прямые и материнские эффекты. Использование ИО характерно для многих пород и помогает облегчить сравнение животных, разводящихся в разных средовых условиях, а также способствует высокой интенсивности в селекции самцов.

Успешная селекция молочных пород крупного рогатого скота является результатом хорошо организованных программ по измерению признаков продуктивности, оценки быков и эффективной генетической оценки. Высокий уровень кормления в коммерческом молочном производстве позволяет проявляться большей части генетического потенциала, что, в свою очередь, позволяет селекции быть особенно эффективной.

Использование кроссбридинга в молочном скотоводстве обеспечивает достаточный уровень гетерозиса между породами по молочной продуктивности, характеристикам плодовитости и жизнеспособности. Однако успешная долгосрочная селекция на высокие уровни производства молока у голштин-фризской породы привела к широко распространенному использованию чистопородных животных. В то же время, рост давления коммерческих производителей, несущих потери, связанные с низкой плодовитостью и продолжительностью жизни животных, потребность в гибкости при разработке новой продукции, вероятно, в будущем приведет к увеличению числа селекционных программ с использованием гибридного крупного рогатого скота.

Кроссбридинг, используемый у крупного рогатого скота, часто предпринимаются без хорошо организованных программ. У мясного крупного рогатого скота программы по перекрестным скрещиваниям трудно применять в стадах, в которых используется меньше чем четыре быка. Сложно организуемым может быть также отдельное управление стадами, необходимое для проведения организованных программ перекрестных скрещиваний (Gregory и др., 1999).

У крупного рогатого скота применение ИО привело к существенному сокращению числа быков и вклада в обмен генетическим материалом между регионами и странами. Через ИО быки, отобранные в нуклеусах, используются в основной популяции. В результате высокой степени репродукции быков, селекция быков обуславливает 70%

всех генетических изменений в популяциях молочного и мясного крупного рогатого скота.

4.2 Селекция овец и коз

Селекционные критерии

Овец и коз содержат для мяса, молока и шерсти (табл. 99). Овечье молоко является важным продуктом в средиземноморских странах, где, чаще всего, перерабатывается в различные сыры (например, Roquefort, Fiore Sardo, Pecorino Romano и Feta). Продуктивность и качество молока являются важными селекционными критериями. При селекции молочных овец учитываются также скорость роста, репродуктивные характеристики (частота рождения близнецов), а также форма вымени (Mavrogenis, 2000). В отличие от этого, в северо-западных европейских странах наиболее важным продуктом, получаемым от овец, является мясо. Цели селекции будут зависеть от среды производства (например, горные или низинные районы) и могут включать: скорость роста, качество туши, репродуктивные характеристики и материнские качества. Коммерческое шерстное производство преобладает в Австралии и Новой Зеландии с их специализированными отарами направленно селекционируемых тонокорунных овец мериносового типа. Хотя все животные происходят от мериносовых овец Испании, за эти годы были выведены различные породы. Необходимость адаптации животных к специфическим средовым условиям формировала развитие пород. Например, в Австралии различные линии мериносов селекционировались на их адаптацию к средовым условиям в различных частях страны. При производстве шерсти в критерии селекции обычно включают выход мытой шерсти и диаметр волокна. Увеличение потребления баранины в мире и снижение спроса на шерсть привело к необходимости селекции по таким критериям, как плодовитость и масса туши при продаже.

В средиземноморских странах, в Восточной Азии, части Латинской Америки и Африки коз содержат, главным образом, из-за их молока. В средиземноморских странах и в Латинской Америке козье молоко часто используют для приготовления сыров, тогда

РАЗДЕЛ 4

как в Африке и в Восточной Азии его употребляют сырым или кислым. В других частях Азии и Африки коз содержат, главным образом, для получения мяса. Животные этих областей имеют умеренно небольшие размеры и умеренно легкую мускулатуру, так как значительная часть пищевых потребностей обеспечивается выпасом и небольшой дополнительной подкормкой. Исключением являются выведенные в Южной Африке мясные козы породы боер (Boer). Эта порода была интродуцирована в другие страны Африки и другие части мира, например, Австралию.

Организация селекционного сектора

Большинство селекционных программ для тонкорунных овец базируются в южном полушарии (Австралия и Новая Зеландия). Эти программы основаны на чистопородном разведении, однако при работе с тонкорунными овцами, где значительная часть дохода происходит от ягнят (для забоя), применяется получение F1. При таком варианте программ все ярки направленно селекционируются на тонкую шерсть. Большая часть отобранных ярков скрещивается с тонкорунными баранами для производства ремонтных ярков, остающиеся ярки скрещиваются с терминальными баранами и все ягнята продаются.

В случае селекции овец на мясную продукцию, средний размер отары слишком мал для ведения селекции внутри отары. Эта проблема преодолевается через кооперативные схемы селекции. Схемы селекции нуклеусов хорошо разработаны (James, 1977), однако в настоящее время приобретают популярность схемы, основанные на самцах (sire-referencing schemes - SRS). При SRS генетические связи между отарами создаются совместным использованием особых баранов (стандартных, эталонных производителей). Эти связи позволяют проводить между разными отарами сопоставимые генетические оценки, дающие большую совокупность кандидатов для отбора для достижения общих целей. Около двух третей овец, зарегистрированных в Англии, включая все главные специализированные мясные породы, в настоящее время включены в такие схемы (Lewis, Simm, 2002).

Кроссбридинг является основой индустрии овцеводства в Англии (Simm, 1998). Система работает на основе свободных структур, включающих ряд

обществ по породам, государственные агентства и другие учреждения. Традиционные породы холмистой местности такая, как шотландская черномордая, направленно селекционируется в жестких условиях разведения в холмах. Чистопородные ярки этих пород продаются фермерам в «предгорные» области (где климат менее резок и лучше выпас). Здесь они скрещиваются с баранами породы голубомордый лейстер. Ярки F1 продаются для разведения в равнинные отары, где они скрещиваются с баранами терминальных пород, такими как суффолк и тексель. Большое количество данных о продуктивности позволяет получать баранов, имеющих выдающиеся генетические качества. Регистрация данных и генетические оценки проводятся коммерческими организациями, такими как Signet или исследовательскими учреждениями, поддерживаемыми общественными фондами.

Большинство молочных коз содержится в развивающихся странах. Однако селекционные программы распространены, главным образом, в Европе и Северной Америке. Французская программа отбора, основанная на ИО замороженным семенем и синхронизации эструса (60 000 осеменений в год), и Норвежская программа, базирующаяся на ротации производителей в стадах, являются примерами программ проверки по потомству. Они включают формальное определение селекционных целей и организацию скрещиваний для получения производителей и их оценки по потомству. Вероятно, лучшим примером структурированной программы селекции мясных коз является программа по козам породы боер в Австралии (Boer Goat Breeders' Association of Australia). Кашемировое и мохеровое производства основаны на чистопородном разведении соответствующих пород, так же практически отсутствуют какие-либо межпородные скрещивания с участием ангорской породы.

4.3 Селекция свиней и птиц**Селекционные критерии у свиней**

Как в случае жвачных, в последние годы селекционные программы в свиноводстве были очень успешны в достижении генетического совершенствования по экономически важным признакам, особенно в

отношении суточного прироста, толщины шпика, эффективности кормления и размеру гнезда (табл. 100). В настоящее время цель состоит в том, чтобы получать и размножать более здоровых и эффективных животных для различных условий окружающей среды. Это подразумевает разработку соответствующей стратегии управления взаимодействием «генотип × среда», и более внимательное отношение к регистрации вторичных признаков, которые до настоящего времени не имели существенного экономического значения. Вторичные признаки включают сохранность поросят, интервал между окончанием молочного вскармливания поросят и первым эструсом у свиноматок, продолжительность жизни, экстерьер (особенно конечностей), жизнеспособность свиней до постубойного взвешивания, сохранность цвета и влажности мяса. Все более важным становится здоровье свиней. Это означает не только улучшение санитарного статуса ферм, но и селекцию на резистентность к неспецифическим общим заболеваниям при коммерческих условиях производства.

Как и в случае жвачных, имеются некоторые трудности внедрения в применение эффективной селекции «функциональных» признаков. Все еще отсутствуют необходимые инструменты для отбора животных с повышенной устойчивостью к болезням или для уменьшения нарушения обмена веществ. Отсутствуют необходимые знания о генетических аспектах благополучия животных. Методы регистрации стресса нуждаются в улучшении – например, с помощью неинвазивных методов измерения индикаторных показателей стресса, таких как определение уровней катехоламина, регистрация сердечного ритма на подкожном чипе. Лучшее знание познавательных способностей и механизмов приспособляемости у свиней могли бы позволить использовать отдельные характеристики как индикаторные показатели способностей к адаптации к различным условиям содержания и социальным проблемам, и позволили бы включать их в критерии отбора. Также существует необходимость дальнейших оценок влияния селекции на специфическую устойчивость к болезням и на благополучие животных.

Критерии селекции у птиц

Куры - несушки селекционируются, главным образом, по продуктивности. В течение ряда десятиле-

тий селекционные программы пересматриваются, и все большее количество признаков включается в селекционные задачи. Сегодня к главным селекционным задачам относятся следующие: количество продаваемых яиц на несушку в год, эффективность конверсии корма в продукцию, внешние и внутренние качества яиц и адаптивность к различным средовым условиям (табл. 101).

Для увеличения мясной продуктивности птиц генетическое совершенствование с точки зрения достижения рыночной массы в раннем возрасте и повышения эффективности использования корма были достигнуты простым массовым отбором по скорости роста. В 1970-е годы была начата прямая селекция по эффективности конверсии корма. В течение прошедших двух десятилетий селекция все более ориентируется на признаки, имеющие приоритетное значение для перерабатывающих предприятий – развитие грудных мышц, масса тушки, однородность продукта и низкие уровни смертности и отходов. Развитие специализированных линий самцов и самок и введение контролируемого кормления родителей являются эффективными инструментами для преодоления отрицательной взаимосвязи между скоростью роста в раннем возрасте и репродуктивными признаками.

Самые очевидные проблемы для индустрии птицеводства связаны с болезнями. Первичные компании заводчиков значительно снизили в элитных стадах частоту заболеваний, переносимых яйцами (например, лейкоз, микоплазмоз и сальмонеллез) и продолжают контролировать этот процесс. Другие заболевания, такие как болезнь Марека, *E. coli*, *Campylobacter coli* и высоко патогенный птичий грипп поддаются контролю много труднее.

В области сохранения здоровья животных главные проблемы для селекционеров состоят в адаптации кур - несушек к разным системам содержания – например, чтобы уменьшить выклевание перьев и каннибализм в не клеточных системах содержания (выклевание и каннибализм - также серьезные проблемы для индюков и водоплавающей птицы), снижении уровня сердечно-сосудистых заболеваний (синдром внезапной смерти и асцит) и болезней конечностей у бройлеров и индюков. Однако причины этих проблем многофакторны и требуют дальнейших исследований.

РАЗДЕЛ 4

Таблица 100

Селекционные цели в свиноводстве

Задачи	Критерии	Дальнейшая спецификация
Признаки продуктивности		
	Скорость роста	В различных возрастных группах
	Масса туши	
	Качество туши	Однородность, толщина туши
	Качество мяса	Влагоудерживающая способность, цвет, аромат
Функциональные признаки		
	Общая устойчивость	Устойчивость
	Жизнеспособность поросят Выживаемость свиней	Материнские качества, количество сосков
	Стресс	Элиминация гена стресса (галотан) из материнской линии и, если возможно, из линий самца
	Врожденные дефекты	Примеры: атрезия ануса, крипторхизм, кривые конечности, гермафродитизм и грыжа
	Проблемы конечностей	Слабость конечностей и хромота.
Эффективность	Размер гнезда	Количество забитых поросят на свиноматку в год
	Эффективность конверсии кормов	
Продолжительность жизни	Функциональная жизнь стада	Продолжительность продуктивной жизни с минимальными проблемами здоровья

Таблица 101

Селекционные задачи в птицеводстве

Задачи	Критерии	Дальнейшая спецификация
Признаки продуктивности		
Яйцо	Количество яиц	Количество товарных яиц на несушку
	Внешние качества яиц	Средняя масса яйца, прочность скорлупы и окраска
	Внутренние качества яиц	Структура яйца (соотношение желток/белок), твердость белка и отсутствие включений (пятна крови и мяса)
Мясо	Скорость роста	Прибыль массы; возраст товарной массы
	Качество тушки	Соотношение ценных частей тушки, особенно мяса грудки; селекция против грудных пузырей и других дефектов
Функциональные признаки		
Здоровье и благополучие	Устойчивость к заболеваниям	Обычно не используется
	Монофакториальные генетические дефекты	
	Проблемы конечностей у бройлеров и индеек	
	Остеопороз у несушек	
	Сердечная и легочная недостаточность	Частота встречаемости «синдрома внезапной смерти», асцитоз у бройлеров и «круглого сердца» у индеек
	Каннибализм, выщипывание перьев	
Эффективность кормления	Потребление корма на: • кг яиц на несущихся куриц, • кг прироста у бройлеров и индеек	
	Остаточное потребление корма	
Продолжительность	Продолжительность продуктивной жизни	

Организация и эволюция селекционного сектора в свиноводстве и птицеводстве

У современной индустрии птицеводства есть типичная иерархическая структура с несколькими отличными рядами. Селекционные компании, в основном, базируются в Европе и Северной Америке с филиалами в главных производственных районах с собственностью на чистые линии. Они поддерживают всю цепочку производства – инкубаторы – предприятия по выращиванию птицы – предприятия по переработке – продавцы – потребители. Во всем мире инкубаторы (центры размножения) расположены вблизи центров разведения популяций. Они получают родительское или прародительское стадо в виде однодневных цыплят и осуществляют финальные скрещивания для производителей яиц и бройлеров, индеек или уток. Сегодня предприятия по переработке яиц и мяса птицы, поставщики кормов заключают договорные отношения с поставщиками продукции для предоставления последним более высокой финансовой безопасности, но за счет снижения инициативы и свободы выбора.

Сектор свиноводства имеет похожую пирамидальную структуру, которая в большей степени является результатом введения перекрестной гибридизации, ИО и специализированных селекционных ферм. Однако имеются определенные отличия между отраслями селекции в птицеводстве и свиноводстве. Например, свиновод будет обычно получать «коммерческих» животных, скрещивая самку специализированного семейства и хряка специализированной линии – покупая обоих в селекционной компании (а не в репродукторах (инкубаторах), как у птиц).

В отличие от птицеводства, в свиноводстве имеются ассоциации по породам, и выполняется национальная генетическая оценка животных. В то время как для больших селекционных компаний генетические оценки могут быть выполнены в «домашних» условиях, генетические оценки на уровне всей породы проводятся правительственными учреждениями или ассоциациями по породе.

Селекционные схемы в свиноводстве и птицеводстве иногда рассматривают как «коммерческие» селекционные программы в связи с корпоративной структурой собственности этих компаний. В последние годы эти компании соединились, превратив-

шись в большие корпорации. В птицеводстве, например, приблизительно 90% несушек, бройлеров и индюков производятся всего лишь двумя-тремя группами первичных селекционеров. Более того, некоторые из этих компаний являются собственниками этих же групп. Индустрия свиноводства имеет большее число селекционных компаний и среди них несколько весьма крупных (таких как PIC и Monsanto), однако они имеют те же тенденции. Недавнее внедрение в этот сектор гигантской компании Monsanto является явным признаком такой тенденции. Из-за конкурентной природы бизнеса и высокого уровня инвестиций «коммерческие» селекционные компании обычно находятся на переднем фронте применения новых технологий. Эти ведущие компании находятся на грани включения геномной информации в их селекционные программы, в то время как большинство селекционеров еще только обсуждают выполнимость такого подхода.

Деятельность таких коммерческих селекционных компаний характеризуется следующими чертами:

- Племенная работа проводится только в нуклеусах.
- Отбор ведется строго в пределах специализированных линий (или пород). Эти линии закладываются как линии производителя и самки и отбираются с различной интенсивностью. В птицеводстве при селекции на мясо и в свиноводстве линии самца специализируются на скорости роста и производстве постного мяса, тогда как линии самок отбираются по признакам плодовитости. Новые линии создаются постоянно путем скрещиваний между существующими линиями или дальнейшей селекцией в данном направлении.
- Конечный продукт является результатом скрещиваний между двумя или более чистыми линиями.

По экономическим причинам каждая селекционная компания продает свою продукцию под несколькими торговыми марками (полученными через приобретение и слияние), но фактически имеет ограниченное количество дифференцированных продуктов. Действительно, селекционные компании в птицеводстве или свиноводстве создают линии, соответствующие немногим (двум или трем) селекционным целям, которые изменяются в зависимости от величины их общей доли на рынке и степени изменений сре-

РАЗДЕЛ 4

Вставка 84

Управление овцеводством на общественной основе в Перуанских Андах

Сельское хозяйство в Перуанских Андах жестко лимитируется низкими температурами и засухой, и большинство сельских общин зависит от дохода от домашнего скота. Пастбищные овцы являются экономически самым важным видом и используются как источник пищи, как средство получения товаров для обмена и для получения наличных денег при продаже живых животных или шерсти. В меньшей степени они также используются для культурной деятельности, отдыха и туризма. Порода криолло составляет 60% перуанской популяции овец. Главным образом овцы разводятся на семейных фермах и отдельными фермерами, которые чрезвычайно ценят местную породу. Также имеется порода двойного назначения, полученная от скрещивания овец пород криолло и корридель, импортированной из Аргентины, Австралии, Чили, Новой Зеландии и Уругвая между 1935 и 1954 гг. Крестьянские фермеры содержат и криолло, и помесную породу.

В этой части Перу крестьянские сообщества объединились для улучшения управления их отарами, при этом им оказывается небольшая поддержка от правительства. Совместные общественные предприятия и кооперативы распространены так же, как семейные и индивидуальные хозяйства. Фермеры обмениваются генетическим материалом, опытом и технологиями. У общественных предприятий намного более высокие уровни производства, чем у отдельных фермеров. Они успешно участвуют в организации программ по улучшению пород, основанных на технически эффективных схемах открытого нуклеуса, поддерживают общественные пастбища в хорошем состоянии, используют часть прибыли для улучшения социального благосостояния участников их объединения – например, для покупки школьных принадлежностей, для продажи молока и мяса по сниженным ценам, или для помощи пожилым людям.

Представлено Kim-Anh Tempelman.
Для дальнейшей информации см.: FAO (2007).

ды производства, в которой действуют их клиенты. Например, селекционер может создать высокопродуктивную линию быстрорастущих животных для использования в условиях высокозатратных систем, в которых высококачественные корма позволяют полностью проявиться генетическому потенциалу, и линию менее продуктивную, но более приспособленную к неблагоприятным условиям производства.

5 Селекционные программы в низкокзатратных системах

5.1 Описание низкокзатратных систем

В мире множество мелких фермеров и хозяев пастбищ будут продолжать разводить домашний скот. Эти производители часто имеют ограниченный доступ к внешним вложениям и товарным рынкам. Даже если в некоторых местах эти ресурсы доступны, обычно имеется мало свободных денег для их приобретения. Как отмечают LPPS и Köhler-Rollefson (2005):

«Производство товарной продукции часто имеет вторичное значение, особенно в окраинных и удаленных областях. Традиционные породы дают множество вариантов разнообразной продукции, прибыль от которых трудно учесть и измерить количественно, как просто выход мяса, молока, яиц или шерсти. Это включает их вклад в социальную организацию и идентичность социума, выполнение ритуальных и религиозных нужд, их роль в пищевом кругообороте и в поставке энергии, и их способность служить сберегательным банком и страховкой от засухи и других естественных бедствий». Домашний скот, принадлежащий мелким фермерам и хозяевам пастбищ, может быть автохтонным или происходить от экзотических пород, ранее интродуцированных в эту область. Традиционные держатели домашнего скота не искушены в генетике и большинство из них неграмотны, однако они обладают ценными знаниями о местных породах и о работе с ними. У них есть цели и стратегии селекции, даже если они не «формализованы» или записаны. Например,

Вставка 85

Генетическое улучшение местной породы - крупный рогатый скот боран в Кении

Боран, порода крупного рогатого скота среднего размера, происходящая из Восточной Африки, наиболее широко разводимая в полусухой зоне Кении прежде всего для получения мясной продукции. Товарные производители предпочитают боран породам *Bos taurus* из-за его относительной приспособленности к местным условиям, достигнутой многими поколениями естественного и искусственного отбора в условиях высокой окружающей температуры, плохого качества кормов, высокой опасности болезней и паразитарных инфекций. Генетический материал породы боран рекомендуется использовать для улучшения мясной продуктивности других местных и экзотических пород этого региона. Генетический экспорт в Замбию, Объединенную республику Танзанию, Уганду, Австралию и Соединенные Штаты Америки происходил с 1970-х до 1990-х годов. Экспорт эмбрионов боран в Зимбабве и Южную Африку производился в течение 1994 и 2000 гг.

Такой рыночный потенциал стимулирует фермеров к улучшению породы. К 1970-м гг. порода боран подвергалась скрещиваниям с *B. taurus*, возвратным скрещиваниям, внутривидовой селекции (которая, главным образом, была основана на визуальной оценке на основании опыта). В 1970-х годах начала работать схема регистрации данных о продуктивности животных, которые поступали в Центр регистрации домашнего скота (Livestock Recording Centre - LRC) для генетической оценки. Однако из-за несогласованности и задержек выпуска результатов оценки, а также из-за расходов, связанных с регистрацией, большинство участников проекта выбывало из схемы. В 1998 г. Национальным научно-исследовательским центром говядины была предпринята попытка оценки быков по различным стадам, однако эта проверка не стала постоянной из-за недостатка финансирования.

Недавно задачи селекции для производственных систем этой породы были пересмотрены и расширены. Системы классифицированы согласно возрасту продажи животных (24 или 36 месяцев), уровням внешних поступлений в систему (низкий, средний или высокий), и конечной цели производства (только мясо или двойное направление продуктивности). Экономически важные

признаки идентифицированы и для некоторых из них оценены генетические параметры. Эти признаки включают живую массу при продаже бычков и телок, убойный выход, процент мяса, используемый потребителями, удой молока в системах производства с двойной целью, масса коровы, возраст отъема телят от коровы, сохранность коров, сохранность телят после отъема и потребление кормов бычками, телками и коровами.

Генетическое улучшение породы боран в Кении проводится Обществом заводчиков скота боран (BCBS). Членами этого общества являются фермеры, содержащие скот боран, и другие заинтересованные лица. В настоящее время действия общества сосредотачиваются на управлении породой, сохранении стандартов породы, поиске новых рынков и для говядины, и для генетического материала. Фермеры все еще неорганизованы в отношении селекции и генетического совершенствования, случайный обмен генетическим материалом между стадами, как средство предотвращения инбридинга, является, вероятно, единственной формой взаимодействия между фермами. На большинстве ферм селекция сосредотачивается, в значительной степени, на массе телят при отъеме и интервале между отелами. Оценивая своих животных, некоторые фермеры приобрели компьютерные программы для регистрации признаков продуктивности в целях лучшего управления ими.

BCBS является одной из наиболее активных ассоциаций селекционеров в Кении. В настоящее время она не субсидируется финансово, но вовлечена в стратегическое сотрудничество с LRC, который хранит информацию и проводит учет признаков продуктивности животных тех собственников, которые все еще участвуют в схеме регистрации. BCBS также кооперируется с Национальной системой аграрных исследований (National Agricultural Research System) для обмена информацией – особенно по кормлению и разведению животных. Продолжаются исследования, нацеленные на реализацию существующих генетических программ усовершенствования породы боран и их постоянную корректировку в текущем периоде.

Представлено Alexander Kahi.
Для большей информации по породе скота боран и BCBS см.: <http://www.borankenya.org>

РАЗДЕЛ 4

Вставка 86

Селекционная программа ламы в Ауорауа, Боливия

В боливийских Андах содержание ламы - важная и неотъемлемая часть смешанных сельскохозяйственных производственных систем. Ламы обеспечивают мелким фермерам экскременты, мясо и шерсть; они используются как вьючные животные и также играют важную социальную роль. Ламы, как коренной вид, способствуют поддержанию экологического баланса хрупкой местной экосистемы. Есть два главных типа ламы – тип хара (Kh'ara), и шерстный тип, известный как тампулли (Th'ampulli).

Район Айопайа (Департамент Кочабамба), где реализуется селекционная программа, расположен на высоте от 4 000 до 5 000 метров над уровнем моря в восточных Андах. Из-за географических условий и очень неразвитой инфраструктуры область является труднодоступной.

В 1998 году селекционная программа по ламе была совместно инициирована 120 членами местной ассоциации сельскохозяйственных производителей ORPACA (Организация сельскохозяйственных производителей г. Калиентес), NGO ASAR (Ассоциация сельских производителей и ремесленников) и двумя университетами (Университет Сан Симон, Кочабамба, Боливия и Университет Гогенхейм, Германия). Исходное финансирование обеспечивалось вышеуказанными учреждениями, но для дальнейшей реализации программы необходимы внешние поступления.

Ламы в регионе Ауорауа

Фото предоставлено: Michaela Nürnberg

Связывание лам для транспортировки

Фото предоставлено: Michaela Nürnberg

Работа была начата с изучения систем сельскохозяйственного производства. Были также охарактеризованы фенотипы 2 183 лам типа Тхампулли, в результате чего обнаружено, что эти животные обладают шерстным волокном необычно высокого качества – 91,7% пуховых волокон с диаметром волокна в среднем 21,08 мкм. Волокно такого качества в других популяциях лам в Боливии не встречается. Таким образом, эти животные содержат уникальные генетические ресурсы. Интервью с представителями текстильной промышленности и продавцами дали информацию об экономическом потенциале шерсти ламы. Экономически важные характеристики лам были зарегистрированы и определены селекционные параметры. Центр по спариванию создан ASAR в 1999 г. в г. Калиентес, и члены ORPACA отправляют туда своих самок для обслуживания. Отобранные самцы содержатся в центре в течение всего сезона размножения. Фенотипическая оценка самцов направлена на отбор животных с однородным цветом шерсти; прямой спиной, конечностями и шеей; с семенниками, имеющими соответствующий размер и не слишком маленькими; с отсутствием врожденных дефектов. Шесть сельскохозяйственных сообществ на пространстве радиусом в 15 км служат в качестве центра спариваний. Оценка потомства проводится квалифицированными фермерами.

• продолжение следует

Вставка 86 (продолжение)

Селекционная программа ламы в Ауорауа, Боливия

Продуктивность лам и селекционные задачи регистрируются, ранжируются и оцениваются совместно с хозяевами лам. В пошаговой процедуре селекционная программа ориентируется на предпочтения заводчиков, состояние рынка и биологические ограничения. Генетический прогресс пока еще не выявлен в связи с длительным генерационным интервалом у лам.

Представлено: Angelika Stemmer, André Markemann, Marianna Siegmund-Schultze, Anne Valle Zárate.

Дальнейшую информацию можно получить из следующих источников: Alandia (2003); Delgado Santivañez (2003); Markemann (forthcoming); Nürnberg (2005); Wurzinger (2005), или из: Prof. Dr Anne Valle Zárate, Institute of Animal Production in the Tropics and Subtropics, University of Hohenheim, 70593 Stuttgart, Germany. E-mail: inst480a@uni-hohenheim.de

Линейные измерения у ламы



Фото предоставлено: Javier Delgado

Стадо лам (Emeterio Campos) в регионе Ауорауа



Фото предоставлено: André Markemann

Дегельминтация при отборе самцов в Миллуни (Milluni)



Фото предоставлено: André Markemann

они могут делить племенных самцов со своими соседями или всем сообществом.

Важно подчеркнуть, что даже если формализованное генетическое улучшение в этих условиях является проблематичным, то оно определено не является ни невозможным, ни не соответствующим задачам.

5.2 Стратегии селекции

Важно иметь в виду, что какая бы стратегия не рассматривалась, она будет успешна только при определенных условиях. Выполнение этих условиям не

гарантирует успеха, но пренебрежение ими его исключает. Владельцы домашнего скота должны участвовать в этом процессе в максимально возможной степени, и предпочтительно, с самого начала программы. Должны быть тщательно рассмотрены социальная структура области и цели производителей. Нуждается в обсуждении вся система в целом, а не только ее отдельные элементы. Например, когда обсуждается схема кроссбридинга в труднодоступных областях, необходимо, чтобы потомство от этих скрещиваний было жизнеспособным в таких условиях.

РАЗДЕЛ 4

Вставка 87

Критерии селекции в пастбищных системах - понимание членов сообщества

Восточно-африканские крестьяне группы Карамоя⁴ содержат разнообразных сельскохозяйственных животных, включая зебу, мелких восточноафриканских коз, персидскую черноголовую овцу, серых ослов и светло коричневых дромадеров, а также местных кур. Использование домашних животных очень разнообразно, включая производство продуктов питания, это: сохранение богатства и обеспеченность, по отношению к которой можно оценить другой товар; источник отдыха и престижа; способ оплаты налогов, штрафов и компенсаций; транспортное средство и для обработки земли; источник шкур и шерсти; источник навоза для топлива, удобрений или строительства. Домашние животные выполняют много культурных ролей, являясь приданым невесты во время свадьбы, жертвой для ритуалов, связанных с рождением, похоронами; нападениями; вызовом дождя; предотвращением плохих событий, эпидемий или нападений врага; церемоний очищения; или при лечения болезней по предписанию деревенского знахаря.

Критерии селекционных решений очень разнообразны и отражают взаимодействия между социальными, экономическими и экологическими факторами. Они включают не только продуктивность, но также вкус мяса, крови и молока; спокойный темперамент; масть; религиозные требования; устойчивость к болезням и паразитам; материнские инстинкты; способность к длительной ходьбе, устойчивость к засухе, выживаемость при скудном кормлении; и устойчивость к экстремальным температурам или осадкам.

Критерии для селекционных решений (в порядке важности)

Племенной бык должен:

- быть активным и подвижным – так, чтобы обслужить всех самок в стаде в данный период разведения (это означает, что такие быки толерантны к болезням и паразитам и что у них болезни могут быть легко диагностированы);
- производить потомство, сохраняющее свою массу тела (и удой в случае самок) даже во время периодов недостатка кормов;
- иметь большой размер тела и массу – важные для конкурентоспособности и статуса, но не быть слишком тяжелыми для выполнения функции размножения;
- быть высоким, с широкой грудью и прямой спиной – снова для выполнения функции размножения;
- иметь масть или форму рогов, соответствующие желаниям владельца⁵ или сообщества;
- иметь масть и качество шкуры, подходящие для продажи или другого использования;
- иметь хороший характер – агрессивный⁶ к хищникам, но не к другим домашним животным или людям;
- быки, использующиеся для получения тягловых животных, должны иметь большую массу тела, быть сильными и послушными;
- племенные быки должны оставаться в стаде собственника, хорошо пастись, и не любить бродяжничать или драться с другими быками.

• *продолжение следует*

⁴ «Карамоя группа»: Внутренняя группа (племя) людей атекер в Уганде, Кении, Эфиопии и Судане, которая разделяет общий стиль жизни. «Атекер» люди: (называемые еще по-разному «Нгитунга/Итунга»=люди). Это люди, имеющие общее происхождение, живущие в Уганде (НгиКаримойонг, включая Покот, Итесию), Кении (НгиТурукана; Итесию, Покот); Эфиопии (НгиНянгатом/НгиДонгиро) и в Нгатеке/Атекерин). Некоторые кланы людей атекер распространены по всей Карамоя группе.

⁵ Крестьяне основывают свое имя на окраске или форме рогов своих любимых быков. Это типично для Карамоя группы. Такие имена имеют префикс Апа, что означает «собственник быка с ...цветом покровов/конфигурацией рогов». Например, имя «Апалонгор» означает «человек с быком коричневатой окраски». Любимые племенные быки имеют много привилегий от собственников, таких как украшение колокольчиком или заботливое лечение, когда болен.

⁶ Ненаправленная агрессивность неприемлема у домашнего скота, даже если все другие признаки являются предпочтительными.

Вставка 87 (продолжение)

Критерии селекции в пастбищных системах - понимание членов сообщества

Племенные коровы должны:

- сочетать стабильный высокий удой и молоко, обладающее хорошими вкусовыми качествами, и производство здорового и быстрорастущего потомства;
- быть способными к регулярным отелам и давать быстрорастущее потомство;
- быть устойчивыми к болезням, жаре, холоду и длительным засухам;
- выживать при низком уровне кормления и сохранять высокий удой, особенно в засушливый сезон, когда количество корма мало и его качество очень низко;
- вымя должно быть широким, и соски всегда компактными;
- должны быть послушными людям и другому домашнему скоту, но агрессивными к хищникам;
- мелкий рогатый скот (козы, овцы) должны регулярно рожать близнецов⁷.

Мир должен ценить роль крестьян, которую они играют в сохранении и устойчивом использовании уникальных приспособленных пород. Мало того, что эти животные обеспечивают пищу и гарантированным доходом своих хозяев, они также вносят вклад в поддержание генетического разнообразия, сохраняя, таким образом, ресурсы для будущих программ по генетическому улучшению. В этом отношении крестьяне нуждаются в соответствующей поддержке со стороны служб животноводства, обеспечиваемых правительствами, организациями гражданского общества и международным сообществом.

Представлено: Thomas Loquang (член крестьянского сообщества Каримойонга).

Для дальнейшей информации см.: Loquang (2003); Loquang (2006a); Loquang (2006b); Loquang, Köhler-Rollefson (2005).

Программа должна быть настолько простой, насколько это возможно. В некоторых случаях может быть осуществимо перекрестное скрещивание отдельных самок с самцами других пород, доступных из-за близкого распространения, но программы, требующие непрерывного использования самцов больше чем одной породы, не выполнимы в низкочастотных системах.

Стратегии селекции

Определение целей селекции является самой важной и трудной задачей в любой программе генетического усовершенствования, и в малопродуктивных системах возможность допущения ошибок еще меньше. Вопросы, нуждающиеся в рассмотрении в этом случае, включают: что именно должно быть изменено, и каким фактически будет улучшение в этих условиях?

⁷ Отметим, что приносить близнецов в первых родах – табу для мелких жвачных, это допускается только в последующих родах. Точно так же для крупного рогатого скота рожать близнецов запрещено вообще. Любые такие ситуации (рождения близнецов) приводят к забиванию животного камнями или побоями. Животное в этой ситуации, как говорят, становится ведьмой, и как таковое должно быть быстро уничтожено.

Низкочастотная система является также системой с низкой производительностью, что не обязательно связано с низкой продуктивностью. Для низкочастотной системы неправильно думать о генетическом улучшении только с точки зрения увеличения признаков продуктивности, таких как живая масса, выход молока или яиц, или вес шерсти. Эффективность животноводства также является необходимым условием. К сожалению, имеется очень мало знаний о генетическом улучшении прямой внутренней эффективности. Рост эффективности обычно оценивают по скорости роста валовой эффективности. Увеличивающаяся продуктивность, наблюдаемая у высокопродуктивных животных, является результатом того, что меньшая часть потребляемых питательных веществ используется для поддержания жизни, и, соответственно, большая часть используется для обеспечения развития признаков продуктивности. Это не означает, что животное нуждается в меньшем количестве кормов для достижения данного уровня продуктивности.

Селекция, основанная на остаточном потреблении корма (residual feed intake - RFI), предлагалась

РАЗДЕЛ 4

Вставка 88

Бороро зебу ВоДааБе в Нигере – селекция на устойчивость в экстремальной среде

Этот пример рассматривает скот, разводящийся в особой пастбищной системе в Нигере. Люди ВоДааБе полностью заняты содержанием крупного рогатого скота. Продажа домашнего скота является краеугольным камнем их стратегии жизнеобеспечения. Их стада вносят существенную долю в национальный экспорт крупного рогатого скота, особенно на крупные рынки Нигерии, где бороро очень ценится.

«Экстремальная среда» здесь относится к жестким экосистемам, характеризующимся случайными событиями и относительно ограниченным доступом к исходным ресурсам и внешним поступлениям. Стада ВоДааБе используют полузасушливую территорию, характеризующуюся неустойчивыми и непредсказуемыми осадками. В обычные годы в данной местности трава доступна только два – три месяца в году. Доступ к фуражу, воде и услугам требует определенной покупательной способности и переговоров с соседними экономическими субъектами, конкурирующими за эти ресурсы. ВоДааБе обычно является более слабой стороной в этих сделках.

Предлагалось, что концепция «надежности» была ключевой для понимания стратегии управления крестьянами в таких условиях (Roe и др., 1998). В целях обеспечения устойчивого течения животноводческого производства «высокая надежность» пастбищной системы больше приспособлена к активному управлению опасностями, чем к их предотвращению. В этих системах селекция должна быть тесно связана с окружающей средой и стратегией производства. Главная цель ВоДааБе состоит в максимизации здоровья животных и воспроизводительной способности стада в течение года. Выбранная ими система управления стремится гарантировать, что животные едят максимально возможное количество самых богатых кормов весь год (FAO, 2003). Это требует специализированного труда, сосредоточенного на управлении разнообразием и изменчивостью пастбищных ресурсов и возможностями домашнего скота.

Расширение пищевого диапазона достигается путем перемещения стада через зоны, различающиеся во времени и в пространстве по набору кормов. В дополнение к этому способность животных к потреблению корма



Фото предоставлено: Saverio Krättli

находится выше естественного уровня. В то время как у способности к питанию частично имеется генетическая основа (например, ферментативная система или размер и структура ротовой полости), она также может существенно меняться под влиянием

- *продолжение следует*

Вставка 88 (продолжение)

Борооро зебу ВоДааБе в Нигере – селекция на устойчивость в экстремальной среде

обучения, основанном на индивидуальном опыте и подражании между социальными партнерами (например, эффективное перегонное и пастбищное поведение, включая и пищевые предпочтения). Мотивацией животных к кормлению управляют через оптимизацию их пищеварительной обратной связи, повышением качества корма и созданием привлекательных условий кормления. Желательно осторожное разнообразие рациона травой или молодыми побегами, особенно для коррекции пищевого дисбаланса в течение сухого сезона, способствующего низкой мотивации питания, вызывая отрицательную пищеварительную обратную связь. Водный режим засушливого сезона способствовал формированию у скота таких пищеварительных характеристик, которые позволяют животноводам достигать их стратегической цели – повышение воспроизводства стада.

Стратегия производства очень требовательна и к человеку, и к стаду. С началом сухого сезона, в то время как другие пастбищные сообщества, находящиеся в этой же экосистеме, перемещаются ближе к водоемам, где вода более доступна, но хуже пастбище, ВоДааБе движутся в другом направлении – к лучшему корму. Это приводит к перемещениям животных на большие дистанции и режиму поения, который на пике жаркого сезона часто требует каждый третий день перегона стада на 25-30 км.

Поэтому для стратегии производства ВоДааБе важно, что бы в пределах стада сохранялась общая схема функционального поведения. Следовательно, их селекционная система сосредотачивается на том, чтобы способствовать социальной организации и взаимодействиям животных внутри стада. Это способствует разделению животных по пищеварительным способностям через систему размножения и пытается гарантировать генетическую и «культурную» целостность успешных линий крупного рогатого скота в пределах сети. Такие линии оказались наиболее приспособленными к существованию в системе управления стадом, принятой ВаДааБе, в течение достаточно длительного периода, включавшего эпизоды серьезного стресса. Селекционная стратегия в большей степени

сосредоточена на обеспечении надежности воспроизводства стада, чем на увеличении индивидуальной продуктивности по специфическим признакам.

Стратегия размножения включает спаривание коров с специально подобранными самцами и продажу малопродуктивных коров. Для воспроизводства используется менее 2% самцов. Строгий контроль над стадом позволяет рано диагностировать эструс у коров и гарантировать, что более 95% отелов будет результатом спаривания с подобранным самцом. Практически для каждого эструса определенной коровы используются разные самцы, с примерным соотношением один производитель на каждые четыре рождения. Племенные производители распространяются через большие сети (часто связанных между собой) заводчиков. Заимствованный производитель широко используется (от него получается более половины потомства), даже когда заводчику принадлежат собственные племенные производители. Примерно в 12% стариваний отцами являются неплеменные производители. Оба метода используются явно для того, чтобы сохранить изменчивость. Родословная каждого животного в стаде известна как с материнской, так и с отцовской стороны. Особенности заимствованных производителей также известны, как и их владельцы.

Продуктивность коровы в большей степени зависит от того, насколько животное приспособлено к системе управления. Выбирая стратегию производства, которая опирается на адаптацию животных к экосистеме, владелец стада подвергает своих животных разнообразным средовым влияниям, включая специфические комбинации благоприятных и неблагоприятных условий кормления и обеспечения водой. Некоторые коровы к таким условиям успешно приспособляются и производят многочисленное потомство, в то время как другие погибают или продаются. Таким образом, ВоДааБе используют давление естественного отбора для своих селекционных целей.

Представлено: Saverio Krätili.

Дополнительную информацию см.: Krätili (2007).

РАЗДЕЛ 4

Вставка 89

Совместные программы селекции местных пород свиней на севере Вьетнама

В гористых областях Северо-западного Вьетнама, программы по разведению домашнего скота и управлению им могут вносить вклад в улучшение жизнеобеспечения сельских жителей в том случае, если их задачи согласуются с интенсивностью производства и доступностью ресурсов. В этом регионе, бедном ресурсами, и размещаются смешанные системы производства мелких фермеров, разводящих животных. Местная свинья бан, отличающаяся выносливостью, но имеющая низкие репродуктивные характеристики и скорость роста, все чаще замещается более продуктивной породой вьетнамская монг кай из дельты Красной реки.

Совместным проектом Национального института животноводства (NIAH), Ханой, и университета Гогенхайма, Германия⁸, была разработана селекционная программа по свиноводству, основанная на сообществах семи деревень, отличающихся по их удаленности и доступности к рынку.

В программе постоянно участвуют примерно 176 хозяйств. Разработана схема тестирования признаков продуктивности на ферме. Фермерам предоставляют технические возможности, благодаря которым они регистрируют признаки продуктивности своих свиной (главным образом дата опороса и число поросят). Вьетнамские и немецкие исследователи перепроверяют данные и при непосредственном посещении деревни собирают дополнительные сведения, взвешивая и идентифицируя животных. Затем, используя программное обеспечение PigChamp®, эти данные вводятся в банк данных проекта и анализируются.

Фермеры во Вьетнаме часто получают деньги за их участие в проектах; в случае этого проекта компенсации постепенно сокращаются. Результаты возвращаются фермерам в виде семинаров/обучений и далее используются для оптимизации разведения (отбор подстинок и оптимизация планов спариваний). Для гарантии долгосрочной устойчивости в программу активно вовлекаются местные партнеры, такие как Департамент развития сельского хозяйства и села (DARD) и отдел

здоровья животных провинции Son La. Взаимодействие с дополнительными службами провинции будет усиливаться в текущей фазе проекта. На более ранних этапах преимущественная ориентация услуг на интенсивное управление в привилегированных регионах означала ограничение обменов. Финансовая поддержка проекта в будущем, по-видимому, будет более доступна благодаря официальному мандату NIAH на участие в проекте по сохранению ГРЖ. Кроме того, рыночная составляющая текущего проекта нацелена на обеспечение его долгосрочной экономической жизнеспособности.

Начальные результаты проверки признаков продуктивности указывают на то, что монг кай и их кроссбредное потомство (произведенное с участием хряков завезенных пород) более подходит для полуинтенсивных, ориентированных на рынок условий производства, в которых могут быть обеспечены высокие уровни внешних поступлений для достижения высокой продуктивности. Такие животные менее надежны в жестком высокогорном климате и при условии низких и непостоянных внешних поступлений. Свиньи Бан подходят только для экстенсивных условий бедного ресурсами сельского хозяйства, ориентированного преимущественно на жизнеобеспечение. Поскольку проект продолжается, прилагаются усилия для дальнейшего развития селекционных целей, оптимизации селекционных программ и развития рыночных программ. Рядом с городом получают постное мясо от кроссбредного потомства свиней монг кай, разведение свиней бан продолжается в отдаленных местностях с чистопородными или кроссбредными животными, продающимися как специальный брэнд этой местной породы - «сохранение через использование».

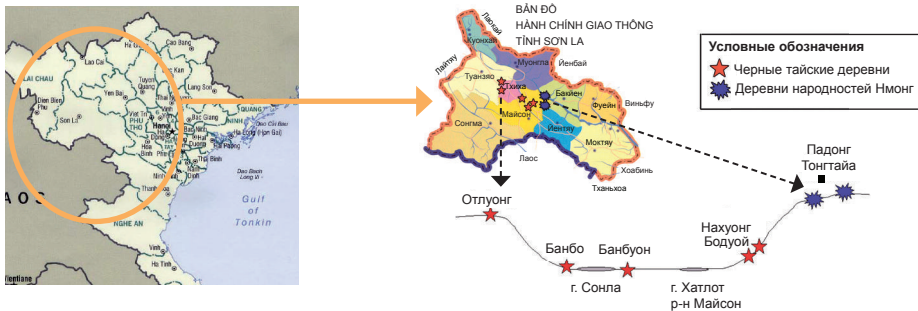
Представлено: Ute Lemke и Anne Valle Zárate. Дальнейшая информация может быть получена из следующих источников: Huyen, и др. (2005); Lemke, (2006); Röbler. (2005), или от: Prof Dr Anne Valle Zárate, Институт продуктивности животных в тропиках и в субтропиках, Университет Гогенхайн, 70593 Штуттгарт, Германия. E-mail: inst480a@uni-hohenheim.de

• *продолжение следует*

⁸ Финансируемый немецкой Ассоциацией исследований (DFG) в рамках Тайско-вьетнамско-немецкой совместной

исследовательской программы SFB 564 и Министерством науки и технологий, Вьетнам.

**Вставка 89 (продолжение)
Совместные программы селекции местных пород свиней на севере Вьетнама**

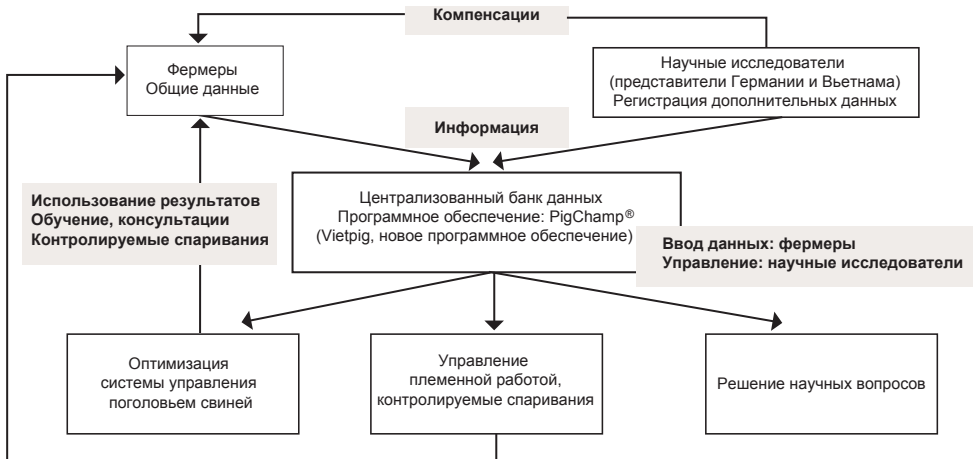


Порода монг кай



Фото предоставлено: Ute Lemke.

Порода бан (животные на откорме)



РАЗДЕЛ 4

Вставка 89 (продолжение)
Совместные программы селекции местных пород свиней на севере Вьетнама**Свиньи в районе Song Ma**

Фото предоставлено: Pham Thi Thanh Hoa

Взвешивание свиней в Pa Dong, Mai Son район

Фото предоставлено: Regina Rößler

как способ улучшения внутренней эффективности. Это является важным критерием для всех видов животных и для всех систем производства. Генетическая селекция на уменьшение RFI может в результате привести к получению животных, которые меньше едят без уменьшения скорости роста или продуктивности (Herd и др., 1997; Richardson и др., 1998). Например, в отличие от соотношения «увеличение массы/потребление корма», остаточное потребление корма может быть относительно независимым от роста. RFI следовательно является более чувствительным и точным измерением потребления кормов (Sainz, Paulino, 2004).

Регистрация данных в низкозатратных системах

Отсутствие надежной схемы регистрации данных и возможностей для правильного их хранения и управления препятствует развитию устойчивых селекционных программ в низкозатратных системах. Управление компьютеризированной базой данных может быть дорогим и требует специализированных навыков. Отсутствие технических навыков и финансовых ресурсов является основным препятствием для обеспечения устойчивой системы регистрации животных во многих африканских странах (Djemali, 2005). Не-

прерывно растущие достижения информационных технологий означают, что устройства для регистрации данных становятся все более доступными и это способствует развитию системы регистрации в низкозатратных системах. Использование переносных устройств, ноутбуков и Интернета облегчит работу по сбору и передаче большого количества данных из удаленных местностей до центральной базы данных. Такая база данных могла бы размещаться в университете или государственном учреждении. Оказание услуг такого рода является одним из путей, которым правительства или финансирующие агентства могли бы облегчить развитие селекционных программ для низкозатратных систем в развивающихся странах.

Схемы селекции

Если генетические изменения обоснованы, то как они могут быть достигнуты? Реализация заключается в выборе между чистопородным разведением и кроссбридингом, но этот выбор совсем не прост.

В низкозатратных системах адаптация к окружающей среде является обязательным предварительным условием для эффективного улучшения. Это очень важный вопрос, поскольку вмешательство для уменьшения экологических стрессов (дополнительное кормление, антипаразитарные обработки

или другие управленческие решения) часто невозможны. В этих обстоятельствах выходом может быть прямая селекция для улучшения хорошо адаптированных местных пород. Осуществление прямой селекционной программы является долгосрочным предприятием, требующим значительных ресурсов, хорошей организации, и, больше всего, готовности участвовать в этом всех заинтересованных лиц. Эти требования в низкочастотных системах развивающихся стран часто не выполняются, и программы, которые реально существуют, имеют очень ограниченный масштаб. Например, наиболее контролируемая селекция западноафриканской карликовой козы выполняется в научно-исследовательских институтах (особенно в Нигерии) (Odubote, 1992).

Можно ожидать, что кроссбридинг с иностранной породой может быть более быстрым способом улучшения признаков продуктивности при минимальном

увеличении затрат. Однако более высокая продуктивность кроссбредов сопровождается более высокими пищевыми потребностями и требованиями к управлению (борьба с болезнями, содержание, и т.д.). Поэтому любая система, включающая высокопродуктивных кроссбредных животных, потребует (среди других нужд) большого количества кормовых ресурсов – которые во многих случаях могут быть достигнуты только при сокращении поголовья.

Если после внимательного анализа предполагается, что перекрестное скрещивание предпочтительнее прямой селекции местной породы, программа должна изменяться по мере ее исполнения, что может поддерживаться в местном масштабе доступными поступлениями. Перекрестное скрещивание с экзотической (неадаптированной) породой представляет особые трудности. Даже если животные F1 достаточно приспособлены, чистопородные экзотические самцы обычно находятся под влиянием экологического стресса, что приводит к сокращению их репродуктивной жизни. Даже если самец экзоти-

Вставка 90 Цена гетерозиса

Гетерозис иногда рассматривают как бесплатную возможность увеличения доходности. Хотя это может иметь такую цену, которая не соответствует конечному результату, гетерозис не является бесплатным. Он требует повышения по крайней мере двух типов затрат.

Первое, это стоимость пищевых потребностей, необходимых для обеспечения дополнительной продуктивности. Высокая продуктивность кроссбредных животных ведет к снижению цены единицы продукции, поскольку стоимость содержания составляет малую долю общих затрат, однако имеется цена для дополнительной продукции.

Второй источник затрат связан с потенциальными изменениями в популяционной структуре. Эти затраты могут включать 1) сокращение численности (и увеличение уровня инбридинга) оригинальной чистопородной популяции, которое происходит из-за необходимости размещения кроссбредной популяции, и 2) пониженная возможность отбора самок в популяции по продуктивности, где некоторые из кроссбредных самок не рассматриваются как кандидаты для отбора (как в любой системе терминальных производителей).

Вставка 91 Деревенская схема усовершенствования домашней птицы в Нигерии

Деревенская схема улучшения птиц (Village Poultry Improvement Scheme) начала работу в Нигерии в 1950 г. (Anwo, 1989) и ставила своей целью улучшение местных пород птиц на основе использования улучшенных экзотических пород (Rhode Island Red, Light Sussex и Australorp). Ее стратегия состояла в выбраковке всех местных самцов и замене их улучшенными импортированными породами по «программе обмена петушками» (Bessei, 1987). Эта схема потерпела неудачу, потому что кроссбредные птицы, хотя и были лучше по признакам продуктивности, не выживали в полудикой экстенсивной системе примитивного производства, в которой выращивались местные птицы. Другой главный недостаток программы состоял в том, что замена породы привела к быстрой потере генетической изменчивости и сокращению существующих ГРЖ.

РАЗДЕЛ 4

Вставка 92

Программа кроссбредной селекции молочных коз, основанная на работе сообществ и партнерстве в низкозатратных мелких фермерских системах в восточной горной Кении

Проект, выполняемый НПО FARM Africa в местности Меру (Meru) в Кении, является примером всесторонней и гибкой программы перекрестных скрещиваний. Улучшение генотипов коз, сопровождаемое улучшением методов земледелия, было принято очень бедными фермерами с доходами значительно ниже 1 доллара на человека в день. Местных коз (галла и восточная африканская) было трудно содержать на маленьких фермах (площадь от 0,25 до 1,5 акра), и фермеры перестали разводить коз. В этой связи программа перекрестных скрещиваний имела своей целью получение более послушных и продуктивных животных. 68 самок и 62 самца английской породы коз тоггенбург были завезены из Англии и скрещены с местными козами: козы породы тоггенбург обеспечивали молочную продуктивность, а местные козы – адаптивность. Предшествующие интродукции и испытания показали, что тоггенбурги были лучше адаптированы к местным условиям, чем другие экзотические молочные породы, такие как зааненская или англо-нубийская.

Проект был адаптирован для совместной работы групп и сообществ. Фермеры разработали правила выполнения проекта, необходимое законодательство и механизмы выполнения. Проект был связан с правительством, NARS, и международными научно-исследовательскими институтами, которые обеспечили обучение участников проекта животноводству (содер-

жание, кормление, кормопроизводство, ведение учетов и защиту здоровья животных), оценке динамики групп, правилам рынка и основам предпринимательства.

Изначально группы фермеров включали 20 - 25 участников, но состав групп менялся. Четыре таких группы были объединены в союз (главным образом в административных и контролирующих целях) с представителями, избираемыми в большую Ассоциацию заводчиков козы меру (MGBA). Одна маленькая племенная группа (один козел и четыре самки) была предоставлена как ссуда, которая будет возвращена натурой, одному члену группы, разводящей тоггенбургов (Т), необходимых в качестве племенных животных. Один чистопородный тоггенбургский козел предоставлялся каждой фермерской группе и содержался на станции для козлов, которая управлялась другим членом группы. Местные самки направлялись на станцию содержания козлов для обслуживания. Полученные кроссбредные самки F1 скрещивались с неродственными козлами тоггенбург для получения животных с кровностью 3/4 тоггенбург и 1/4 меру (М) животных. Они оценивались, отбирались выдающиеся самцы для создания новой станции козлов, где они использовались для обслуживания неродственных самок сходной генетической структуры (3/4Т и 1/4М). Первоначальные испытания показали, что такие самки

Статистика проекта с 1996 по 2004 гг

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Новые фермерские группы	10	34	20	6	12	10	7	18	8
Новые станции козлов	10	34	10	11	6	16	14	3	22
Новые селекционные союзы	5	20	25	10	12	6	2	4	7
Обслуживающие козлы		809	1 994	3 376	3 936	3 892	3 253	5 660	6 500
Участвующие семьи	250	1 100	1 125	1 400	1 550	1 700	2 050	2 050	2 650
Производство кроссбредов		990	2 894	3 241	3 817	3 736	4 187	5 865	7 200

Источник: FARM-Africa Dairy Goat and Animal Healthcare Project; шестимесячные отчеты с января 1996 – по июнь 2004.

• продолжение следует

Вставка 92 (продолжение)

Программа кроссбредной селекции молочных коз, основанная на работе сообществ и партнерстве в низкокзатратных мелких фермерских системах в восточной горной Кении

дают достаточное количество молока и мяса и хорошо адаптированы к местным условиям. Через MGBA, которая также регистрирует кроссбредов в Кенийской племенной книге, фермерские группы меняют козлов каждые 1 - 1,5 года для того, чтобы избежать инбридинга. Фермерам, которые хотели бы и дальше приближать своих животных к тоггенбургам, такая возможность была представлена путем проведения дальнейших кроссов самок $\frac{3}{4}$ Т с неродственными чистопородными козлами Т.

Через два года после организации FARM Africa's Meru количество работающих членов программы продолжает увеличиваться. В 2006 MGBA включала 3 450 членов, которые содержали улучшенных коз, дающих в день от 1,5 до 3,5 л молока. Фермерская группа производила около 3 500 л молока в день, часть которого обрабатывалась и упаковывалась для продажи. Члены MGBA владели более чем 35 000 улучшенных коз, среди которых 30% имели надежную родословную и зарегистрированные признаки продуктивности. Данные о продуктивности использовались для расчета скорости роста и общего удоя молока. Эти данные первично обрабатывались FARM-Africa Meru. После прохождения ряда этапов проекта, MGBA планирует совместную работу с университетами и исследовательскими институтами для их участия в обработке данных. Большинство собственников улучшенных коз не долго оставались «бедными». Прибыль от продукции улучшенных коз использовалась для закупки одной или двух молочных коров, постройки лучших домов

и обучения детей. Производство йогурта и цельного пастеризованного (с добавленной стоимостью) молока указывает на направление дальнейшего развития.

Особенности, которые сделали схему успешной:

- с самого начала работа была основана на связи с фермером;
- подчеркивалась необходимость разработки такой программы, которой фермер может управлять сам;
- доступность местного материала для скрещиваний;
- групповой подход – фермеры обучают друг друга и делятся опытом;
- создание возможностей для увеличения числа участников, расширение информации предоставляемой фермерским группам, подходы, основанные на партнерстве;
- на основе работы сообществ создание селекционных союзов и станций козлов.

Схема направлена на то, чтобы по завершению проекта фермеры не нуждались бы в государственных услугах. Племенных животных фермеры разводят самостоятельно, параллельно организована служба контроля здоровья животных людьми, обученными благодаря сообществу, которые, в свою очередь, связаны с более квалифицированными параветеринарами и ветеринарами. Разработаны также интегрированные программы по кормовым культурам и восстановлению лесных массивов.

Предоставлено: Okeyo Mwai и Camillus O. Ahuya. Для дальнейшего чтения см.: Ahuya и др. (2004); Ahuya и др. (2005); Okeyo (1997).

ческой породы успешно содержится в данных условиях, его потомство от возвратного скрещивания с самками F1 почти всегда будет недостаточно адаптированным к местным условиям. Поэтому самки F1 предпочтительно должны скрещиваться с производителями местной адаптированной породы.

В таких условиях одним из методов является использование самцов F1, поколение за поколением. В такой системе исходные местные самки

скрещиваются с самцами F1, давая потомство с 1/4 доли кровности по экзотической породе. Такие четвертькровные самки, в свою очередь, скрещиваются с самцами F1, что приводит к появлению самок, которые на 3/8 несут кровь экзотической породы. Через несколько поколений животные будут очень близки к полукровкам по экзотической породе. Эта система вводит влияние экзотической породы в популяцию, но никогда не

РАЗДЕЛ 4

использует и не создает животных, которые несут более 1/2 крови экзотической породы.

Другая возможность перекрестного скрещивания в низкокзатратной системе заключается в скрещиваниях между разными породами, хорошо адаптированными к условиям производства. Очевидное преимущество таких программ заключается в возможности без дополнительных поступлений сохранять и разводить племенной скот в регионе. Было бы логично предположить, что такие скрещивания дадут менее продуктивных животных и/или проявляющих меньше гетерозисных эффектов, чем кроссы между местными и экзотическими породами. Однако Gregory и др. (1985) сообщили свои данные для оценки эффекта гетерозиса по массе теленка при отъеме на корову 24% для потомков скрещивания боран × анколе, и 25% - для потомков скрещиваний боран × мелкий восточноафриканский зебу.

При любом варианте кроссбридинга важно рассматривать всю схему в целом и всю производимую продукцию. Комментируя ценность коров F1, полученных от скрещивания европейского молочного скота и зебу для производства молока в тропиках, LPPS и Köhler-Rollefson (2005) отмечают, что «в Индии многие владельцы кроссбредных коров не видят возможностей использования телят мужского пола, так что позволяют им умирать».

6 Селекция в контексте сохранения

Программы сохранения ГРЖ достаточно детально рассматривались в этом издании. Поэтому следующее обсуждение сосредотачивается на тех аспектах селекции, которые необходимо обсудить тогда, когда применяются меры по сохранению ГРЖ. Программа сохранения может иметь простую цель обеспечения выживания популяции через контроль и поддержание ее целостности, или может быть направлена на улучшение продуктивности популяции.

6.1 Методы мониторинга малых популяций

FAO издала ряд публикаций по управлению малыми популяциями, находящимися в статусе риска, см.,

например, FAO (1998). Эти документы предоставляют очень широкий обзор по данному вопросу. Там, где цель заключается в простом гарантировании выживания популяции и обеспечении ее целостности (как чистой популяции), стратегия сохранения ограничена мониторингом популяции и работой по тому, чтобы инбридинг и эффективный размер численности популяции находились в приемлемых границах.

Инбридинг является результатом скрещиваний между родственными животными. В малых популяциях все животные в будущих поколениях становятся связанными друг с другом, и скрещивания между такими животными будут приводить к инбридингу. Генетический эффект инбридинга заключается в росте гомозиготности – животное получает одинаковые аллели от обоих своих родителей. Степень инбридинга и гомозиготности в будущих поколениях может быть предсказана на основе эффективной численности популяции.

Так как почти всегда количество скрещивающихся самцов много меньше, чем самок, число участвующих в размножении самцов – более важный фактор, определяющий степень инбридинга. Эффективная популяционная численность (N_e) является функцией количества скрещивающихся самцов и самок. Если N_m представляет число скрещивающихся самцов, и N_f – самок, эффективная численность популяции может быть рассчитана как:

$$N_e = (4N_m N_f) / (N_m + N_f)$$

Если количество скрещивающихся самцов равно количеству скрещивающихся самок, то эффективная численность популяции соответствует ее фактической численности; если количества самцов и самок различны, эффективная численность популяции меньше, чем фактическая численность популяции. Если количество скрещивающихся самок много больше, чем количество самцов, эффективная численность популяции будет слегка меньше, чем четырехкратное количество самцов.

Уменьшение эффективной численности популяций в популяциях домашних животных может наблюдаться в двух ситуациях. Первым и наиболее обычным случаем является уменьшение фактической численности популяции. Это может проис-

ходить в результате замещения существенной части породы со скрещивающимися животными другой породы, или за счет межпородных скрещиваний в большей части породы.

Вторая ситуация возникает тогда, когда особенно популярные производители, их сыновья и дальнейшие потомки наиболее широко используются. Со времени первого учреждения ассоциации по породам до середины 1900-х, большая часть популярности выдающихся производителей появлялась в результате успеха на выставочных аренах. В более современные времена предсказания генетической ценности для специфических признаков становятся решающим фактором. У молочного крупного рогатого скота селекция много лет, главным образом, была сосредоточена на общем удое молока. Hansen (2001) представил данные о том, что, хотя более чем 300 000 голов были зарегистрированы Ассоциацией по голштинам США Inc. в 2000, эффективная численность популяций достигает только 37 голов. Используя записи по потомству у крупного рогатого скота, родившегося в 2001, Cleveland и др. (2005) сообщили о предполагаемой эффективной численности популяции у американских голштинов в 85 голов. В 2001 американская Ассоциация по голштинам зарегистрировала более чем 75 000 голов.

Уровень инбридинга в данной популяции зависит от эффективной численности популяции больше, чем от фактического популяционного размера. Как ожидается, рост уровня инбридинга на поколение равен $1/2N_e$. Такое увеличение ожидается на поколение, если каждое животное производит равное количество потомства, и животные в исходной популяции не связаны друг с другом. Если эти положения не выполняются, то степень инбридинга будет выше. Основываясь на этой взаимосвязи, Gregory и др. (1999) рекомендуют, чтобы по меньшей мере от 20 до 25 производителей использовались на поколение. Это также должно быть достаточно обоснованным количеством производителей для их использования при сохранении породы. Использование 25 производителей на поколение привело бы к степени увеличения инбридинга приблизительно на 0,5 процента за поколение.

В то время как уменьшение эффективной численности популяции является важной проблемой для сохранения ГРЖ, интересно отметить, что успешные заводчики в своих программах всегда использовали некоторый уровень инбридинга. Эти заводчики создавали стада или отары, соответствующие их стандартам – животные, произведенные в этих закрытых стадах или отарах неизбежно приходили к тому, они становились близко связанными, что приводило в конечном итоге к инбридингу (Hazelton, 1939).

6.2 Сохранение через селекцию

Задачи программ сохранения могут включать не только обеспечение выживаемости и целостности сохраняемой популяции, но также и улучшение ее степени репродукции и признаков продуктивности при поддержании ее специфических черт адаптивности. Большая часть обсуждавшихся выше селекционных стратегий для низкокзатратных систем, по-видимому, применима к этим обстоятельствам. Этот подраздел сфокусирован на потенциальном риске, связанном с перекрестными скрещиваниями в контексте сохранения породы.

Один вариант сохранения породы состоит в том, чтобы использовать ее как один из компонентов программы перекрестных скрещиваний. Однако любое использование чистопородных самок для получения межпородных кроссов уменьшит эффективную численность популяции, если не будет репродуктивного избытка самок. Во многих случаях условия среды и управления препятствуют наличию такого существенного репродуктивного избытка – особенно у крупного рогатого скота с низкой скоростью воспроизводства. В таком случае большинство разводимых самок должны сохраняться как племенные животные для поддержания численности популяции. Фактически, наибольший эффект происходит от требования меньшего количества местных племенных самцов, который определяется меньшим количеством местных самок, используемых для получения чистокровного потомства. Следовательно, логической отправной точкой для обсуждения программы перекрестных скрещиваний является оценка величины репродуктивного избытка у самок. Это может быть измерено как доля молодых самок, которые могут быть забиты

РАЗДЕЛ 4

или проданы по программе (или по области). Как пример, у довольно хорошо управляемых мясных стад в умеренных областях, необходимо приблизительно 40 процентов телок для поддержания размера стада.

Зная репродуктивный излишек самок и долю общей популяции, которую в настоящее время составляют кроссбреды, можно вычислить долю чистопородных животных, которые могут быть использованы для получения F1 без дальнейшего уменьшения популяционного размера чистой породы. Например, если есть 20-процентный репродуктивный излишек самок и текущая популяция состоит из 50% чистопородных животных и 5% кроссбредов (включает любых чистокровных самок, которые в настоящее время используются для получения кроссбредов), популяция могла бы изменить свой состав на немного больше, чем 50% чистопородных животных, а также на немного больше, чем 20% чистопородных животных, участвующих в производстве F1, и немного меньше чем 30% самок F1, без дальнейшего сокращения размера чистокровной популяции, которая поставляет чистопородных животных. Эти оценки означают, что ни одна из самок, произведенных самкой F1, не сохраняется как племенное животное; в реальности, вероятно, такое никогда не происходит.

7 Заключение

Методы селекции и организации сильно варьируют между индустриальными коммерческими системами производства и системами, ориентируемыми на пропитание с низкими внешними поступлениями. Современная организация сектора разведения является результатом длинного эволюционного процесса. Последнее достижение основано на распространении модели селекции, характерной для сектора птицеводства, на другие виды.

Индустриализованная модель селекции использует состояние созданных приемов для генетического улучшения. Программы селекции основаны, главным образом, на прямой селекции и варьируют в соответствии с характеристиками видов. Селекционные компании продают своих животных по всему миру. Эта тенденция, которая хорошо отработана «коммерческими» селекционерами в

свиноводстве и птицеводстве, нарастает в случае молочного и мясного крупного рогатого скота. Для того, чтобы выбрать надежных животных, которые в состоянии адаптироваться к различной окружающей среде, заводчики проводят селекционные программы через различные окружающие среды и системы управления. Однако невозможно получить животных, которые хорошо воспроизводятся где угодно и при всех условиях. Также могут быть созданы различные породы или линии для удовлетворения требований высокочатратных систем. До настоящего времени мало что известно о генетических аспектах адаптации. Предполагается, что исследователи и селекционные компании будут разведывать эти вопросы далее в своих исследованиях и в своих селекционных программах в ближайшие годы.

В низкочатратных системах производства животных, сохраненные мелкими фермерами, представляют важный элемент продовольственной безопасности для хозяйства и социальной основы деревенских сообществ. В наибольшей степени местные породы содержатся мелкими фермерами и крестьянами. Генетическое улучшение в этих условиях является задачей проблематичной, но не невозможной. Развиваются и утверждаются детальные руководства для проектирования и выполнения устойчивого использования породы и программ улучшения для низкочатратных систем. Прямая селекция для приспособления местной породы к изменяющимся потребностям производителей является самым жизнеспособным подходом не только для поддержания ее в производстве и, следовательно, ее сохранения, но также и для улучшения продовольственной безопасности и облегчения бедности. Другой выбор состоит в ее использовании как компоненты хорошо запланированной программы межпородных скрещиваний. Вместе с введением селекционной программы необходимо уделять внимание улучшению условий управления и практик ведения сельского хозяйства в целом.

Общей тенденцией в исследованиях, связанных с программами селекции для всех видов, является растущее внимание к функциональным признакам – в ответ на растущую важность, придаваемую таким факторам, как благополучие животных, защита окружающей среды, различные качества продуктов и здоровье человека. Примеры функциональных

признаков включают выносливость, устойчивость к болезням и поведенческие черты, плодовитость, эффективность использования кормов, легкость родов и молочность. В общем, эти функциональные признаки, обсуждаемые как вторичные в высокозатратных системах, имеют огромную важность в низкокзатратных системах. Регистрация функциональных признаков, однако, еще остается важным узким местом, которое препятствует их включению в селекционные схемы. Отсутствует информация о генетических основах устойчивости к болезням, благополучия, выносливости и адаптации к разным условиям окружающей среды. Тем не менее, в индустрии молочного скота и свиноводства началось использование типирования ДНК по одиночным генам и геномам (SNP) для генотипирования селекционируемых животных. Это будет способствовать ожидаемому сдвигу в сторону селекции по функциональным признакам и пожизненным характеристикам продуктивности.

Из-за тенденции к уменьшению использования химических лекарств в развитом мире требуется, чтобы животные характеризовались высокой резистентностью, или, по крайней мере, толерантностью к специфическим болезням и паразитам. По экономическим причинам и из-за необходимости обеспечивать благополучие животных очень трудно вести селекцию таких животных с использованием классических подходов количественной генетики. Этим обусловлено то, что большие надежды связывают с геномикой. Некоторые приемы уже используются для удаления носителей генетических дефектов с менделевским типом наследования. В случаях более сложных признаков резистентности, для которых уже идентифицированы генетические маркеры, таких как болезнь Марека у птиц и *E. coli* у свиней, немного, если вообще они есть, селекционных компаний применяют отбор, основанный на ДНК.

Благополучие животных стало важным элементом в восприятии потребителей качества продукта, особенно в Европе. Главные проблемы для селекционеров состоят в селекции на лучший темперамент, уменьшение проблем конечностей и частоту сердечно-сосудистых проблем (у домашней птицы, разводящейся на мясо). Причины таких проблем многофакторны.

Растущая важность функциональных признаков требует включения широкого спектра критериев в селекционные программы. Некоторые из таких критериев могут быть чаще обнаружены у локальных пород. Характеристика (фенотипическая и молекулярная) и оценка таких пород по важным признакам могла бы позволить определить некоторые из них, имеющих уникальные черты. Их дальнейшее развитие через селекционные программы могло бы гарантировать, что они останутся доступными для будущих поколений. К сожалению, реальностью является продолжающаяся утрата пород и линий. Развитый мир (где реализуется большинство совместных усилий по генетическому усовершенствованию) прямо или косвенно способствует этим утратам тем, что концентрирует свои усилия на очень небольшом количестве пород. В исчезновении линий главную роль играет сокращение в международном масштабе количества селекционных компаний, происходящее путем их выкупов - поглощений.

Источники

- Ahuya, C.O., Okeyo, A.M., Mosi, R.O. & Murithi, F.M.** 2004. Growth, survival and milk breeds in the eastern slopes of Mount Kenya. In T. Smith, S.H. Godfrey, P.J. Buttery, & E. Owen, eds. *The contribution of small ruminants in alleviating poverty: communicating messages from research*. Proceedings of the third DFID Livestock Production Programme Link Project (R7798) workshop for small livestock keepers. Izaak Walton Inn, Embu, Kenya, 4–7 February 2003, pp. 40–47. Aylesford, Kent, UK. Natural Resources International Ltd.
- Ahuya, C.O., Okeyo, A.M., Mwangi, N. & Peacock, C.** 2005. Developmental challenges and opportunities in the goat industry: the Kenyan experience. *Small Ruminant Research*, 60: 197–206.
- Alandia, E.R.** 2003. *Animal health management in a llama breeding project in Ayopaya, Bolivia: parasitological survey*. Institute of Animal Production in the Tropics and Subtropics, University of Hohenheim, Stuttgart, Germany. (MSc thesis)

РАЗДЕЛ 4

- Amer, P.R.** 2006. Approaches to formulating breeding objectives. In Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 13–18. 2006. Belo Horizonte, MG, Brazil.
- Andersson, L., Haley, C.S., Ellegren, H., Knott, S.A., Johansson, M., Andersson, K., Andersson-Eklund, L., Edfors-Lilja, I., Fredholm, M., Hansson, I., Hakansson, J. & Lundstrom, K.** 1994. Genetic mapping of quantitative trait loci for growth and fatness in pigs. *Science*, 263: 1771–1774.
- Anwo, A.** 1989. Ministerial speech. In E.B. Sonaiya, ed. *Rural Poultry in Africa: proceedings of an international workshop*, pp 8–9. Ile-Ife, Nigeria. Thelia House Ltd.
- Bessei, W.** 1987. International poultry development. In Proceedings, 3rd International DLG symposium on poultry production in hot climates, June 20–24 1987. Hamelin, Germany.
- Bichard, M.** 2002. Genetic improvement in dairy cattle – an outsider’s perspective. *Livestock Production Science*, 75: 1–10.
- Bijma, P., Van Arendonk, J.A. & Woolliams, J.A.** 2001. Predicting rates of inbreeding for livestock improvement schemes. *Journal of Animal Science*, 79: 840–853.
- Cleveland, M.A., Blackburn, H.D., Enns, R.M. & Garrick, D.J.** 2005. Changes in inbreeding of U.S. Herefords during the twentieth century. *Journal of Animal Science*, 83: 992–1001.
- Cunningham, E.P., Dooley, J.J., Splan, R.K. & Bradley, D.G.** 2001. Microsatellite diversity, pedigree relatedness and the contribution of founder lineages to thoroughbred horses. *Animal Genetics*, 32: 360–364.
- Dawson, M., Hoinville, L., Hosie, B.D. & Hunter, N.** 1998. Guidance on the use of PrP genotyping as an aid to the control of clinical scrapie. Scrapie Information Group. *Veterinary Record*, 142: 623–625.
- Dekkers, J.C.M. & Hospital, F.** 2002. The use of molecular genetics in the improvement of agricultural populations. *Nature*, 3: 22–32.
- Delgado Santivañez, J.** 2003. *Perspectivas de la producción de fibra de llama en Bolivia. Potencial y desarrollo de estrategias para mejorar la calidad de la fibra y su aptitud para la comercialización*. Institute of Animal Production in the Tropics and Subtropics, University of Hohenheim, Cuvillier, Göttingen, Germany. (PhD thesis)
- Dickerson, G.E.** 1969. Experimental approaches in utilizing breed resources. *Animal Breeding Abstracts*, 37: 191–202.
- Dickerson, G.E.** 1972. Inbreeding and heterosis in animals. In *Proceedings of Animal Breeding and Genetics Symposium in honor of Dr. J.L. Lush*, pp. 54–77. Blacksburg, Virginia. ASAS, ADSA.
- Djemali, M.** 2005. Animal recording for low to medium input production systems. In M. Guellouz, A. Dimitriadou & C. Mosconi, eds. *Performance recording of animals, state of the art*, 2004. EAAP Publication No. 113, pp. 41–47. Wageningen, the Netherlands. Wageningen Academic Publishers.
- Ducrocq, V. & Quaas, R.L.** 1988. Prediction of genetic response to truncation selection across generations. *Journal of Dairy Science*, 71: 2543–2553.
- Falconer, D.S. & Mackay, T.F.C.** 1996. *Introduction to quantitative genetics*. 4th Edition. London. Longman.
- FAO.** 1998. *Secondary guidelines for the development of national farm animal genetic resources management plans: management of small populations at risk*. Rome.
- FAO.** 2003. *Know to move, move to know. Ecological knowledge among the WoDaaBe of south eastern Niger*, by N. Schareika. Rome.
- FAO.** 2007. Management of sheep genetic resources in the central Andes of Peru, by E.R. Flores, J.A. Cruz & M. López. In K-A. Tempelman & R.A. Cardellino eds. *People and animals. Traditional livestock keepers: guardians of domestic animal diversity*, pp. 47–57. FAO Interdepartmental Working Group on Biological Diversity for Food and Agriculture. Rome.
- Fernando, R.L. & Grossman, M.** 1989. Marker-assisted selection using best linear unbiased prediction. *Genetics Selection and Evolution*, 21: 467–477.
- Fuji, J., Otsu, K. & De Zozzato, F.** 1991. Identification of a mutation in porcine cyanodine receptor associated with malignant hyperthermia. *Science*, 253: 448–451.
- Gregory, K.E & Cundiff, L.V.** 1980 Cross-breeding in beef cattle: evaluation of systems. *Journal of Animal Science*, 51: 1224–1242

- Gregory, K.E., Trail, J.C.M., Marples, H.J.S. & Kakonge, J.** 1985. Heterosis and breed effects on maternal and individual traits of *Bos indicus* breeds of cattle. *Journal of Animal Science*, 60: 1175–1180.
- Gregory, K.E., Cundiff, L.V. & Koch, R.M.** 1999. *Composite breeds to use heterosis and breed differences to improve efficiency of beef production*. Technical Bulletin. No. 1875. Springfield, Virginia. USDA Agricultural Research Service, National Technical Information Service.
- Groen, A.F.** 2000. Breeding goal definition. In S. Galal, J. Boyazoglu & K. Hammond, eds. *Developing breeding strategies for lower input animal production environments*. Rome. ICAR.
- Grogan, A.** 2005. Implementing a PDA based field recording system for beef cattle in Ireland. In M. Guellouz, A. Dimitriadou & C. Mosconi, eds. *Performance recording of animals, state of the art*, 2004. EAAP Publication No. 113, pp. 133–140. Wageningen, the Netherlands. Wageningen Academic Publishers.
- Hanotte, O., Ronin, Y., Agaba, M., Nilsson, P., Gelhaus, A., Horstmann, R., Sugimoto, Y., Kemp, S., Gibson, J., Korol, A., Soller, M. & Teale, A.** 2003. Mapping of quantitative trait loci controlling trypanotolerance in a cross of tolerant West African N'Dama and susceptible East African Boran cattle. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 100(13): 7443–7448.
- Hansen, L.B.** 2001. Dairy cattle contributions to the National Animal Germplasm Program. *Journal of Dairy Science*, 84(Suppl. 1): 13.
- Hansen, L.B.** 2006. Monitoring the worldwide genetic supply for cattle with emphasis on managing crossbreeding and inbreeding. In Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 13–18. 2006. Belo Horizonte, MG, Brazil.
- Hazelton, J.** 1939. *A history of linebred Anxiety 4th Herefords of straight Gudgell & Simpson breeding*. Kansas City, MO. George W. Gates Printing Co.
- Herd, R.M., Arthur, P.F., Archer, J.A., Richardson, E.C., Wright, J.H., Dibley, K.C.P. & Burton, D.A.** 1997. Performance of progeny of high vs. low net feed conversion efficiency cattle. In Proceedings of the 12th Conference of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics, Dubbo, Australia, pp. 742–745.
- Hill, W.G.** 2000. Maintenance of quantitative genetic variation in animal breeding programmes. *Livestock Production Science*, 63: 99–109.
- Hunter, N.** 1997. Molecular biology and genetics of scrapie in sheep. In L. Piper & A. Ruvinsky, eds. *The genetics of sheep*, pp. 225–240. Oxon, UK. CAB International.
- Huyen, L.T.T., Röbber, R., Lemke, U. & Valle Zárate, A.** 2005. *Impact of the use of exotic compared to local pig breeds on socio-economic development and biodiversity in Vietnam*. Stuttgart, Beuren, Germany.
- James, J.W.** 1972. Optimum selection intensity in breeding programmes. *Animal Production*, 14: 1–9.
- James, J.W.** 1977. Open nucleus breeding systems. *Animal Production*, 24: 287–305.
- Jiang, X., Groen, A.F. & Brascamp, E.W.** 1999. Discounted expressions of traits in broiler breeding programs. *Poultry Science*, 78: 307–316.
- Kennedy, B.W., Quinton, M. & van Arendonk, J.A.** 1992. Estimation of effects of single genes on quantitative traits. *Journal of Animal Science*, 70: 2000–2012.
- Krätli, S.** 2007. *Cows who choose domestication. Cattle breeding amongst the WoDaaBe of central Niger*. Institute of Development Studies, University of Sussex, Brighton, UK. (PhD thesis)
- Lamb, C.** 2001. Understanding the consumer. In Proceedings of the British Society of Animal Science, 2001, pp. 237–238.
- Lande, R. & Thompson, R.** 1990. Efficiency of marker-assisted selection in the improvement of quantitative traits. *Genetics*, 124: 743–756.
- Larzul, C., Manfkedi, E. & Elsen, J.M.** 1997. Potential gain from including major gene information in breeding value estimation. *Genetics Selection Evolution*, 29: 161–184.

РАЗДЕЛ 4

- Lemke, U.** 2006. *Characterisation of smallholder pig production systems in mountainous areas of North Vietnam*. Institute of Animal Production in the Tropics and Subtropics, University of Hohenheim, Germany. (PhD thesis)
- Le Roy, P., Naveau, J., Elsen, J.M. & Sellier, P.** 1990. Evidence for a new major gene influencing meat quality in pigs. *Genetical Research*, 55: 33–40.
- Lewis, R.M. & Simm, G.** 2002. Small ruminant breeding programmes for meat: progress and prospects. In *Proceedings of the Seventh World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, held August 19–23, 2002, Montpellier, France.
- Lips, D., De Tavernier, J., Decuyper, E. & van Outryve, J.** 2001. Ethical objections to caesareans: implications on the future of the Belgian White Blue. In *Proceedings of the Third Congress of the European Society for Agricultural and Food Ethics*, Florence, Italy, October 3–5 2001, pp. 291–294.
- Loquang, T.M.** 2003. The Karamojong. In I. Köhler-Rollefson & J. Wanyama, eds. *The Karen Commitment: Part 2. The role of livestock and breeding; community presentations*. Proceedings of a Conference of Indigenous Communities on Animal Genetic Resources. League for Pastoral Peoples and Endogenous Development and Intermediate Technology Development Group Eastern-Africa, Karen, Nairobi, Kenya, 27–30 October 2003. Bonn, Germany. German Non-Governmental Organisations Forum on Environment and Development.
- Loquang, T.M.** 2006a. *Livestock Keepers' Rights*. Paper presented at the side event during the Fourth Ad Hoc Open-Ended Intercessional Working Group on Article 8(j) and Related Provisions of the Convention on Biological Diversity, COP 8, Granada, Spain, 23–27 January 2006.
- Loquang, T.M.** 2006b. *The role of pastoralists in the conservation and sustainable use of animal genetic resources*. Paper presented at the International Conference on Livestock Biodiversity, Indigenous Knowledge and Intellectual Property Rights; League for Pastoral Peoples and Endogenous Development, Rockefeller Study and Conference Centre, Bellagio, Italy, 27 March–2 April 2006.
- Loquang, T.M. & Köhler-Rollefson, I.** 2005. *The potential benefits and challenges of agricultural animal biotechnology to pastoralists*. Paper presented at the Fourth All Africa Conference on Animal Agriculture, Arusha, Tanzania, 19–26 September 2005.
- LPPS (Lokhit Pashu-Palak Sanstham) & Koehler-Rollefson, I.** 2005. *Indigenous breeds, local communities: documenting animal breeds and breeding from a community perspective*. Sadri, Rajasthan, India. Lokhit Pashu-Palak Sanstham.
- Markemann, A. (forthcoming).** *Development of a selection programme in a llama population of Ayopaya region*. Department Cochabamba, Bolivia, Institute of Animal Production in the Tropics and Subtropics, University of Hohenheim, Germany. (PhD thesis)
- Mavrogenis, A.P.** 2000. Analysis of genetic improvement objectives for sheep in Cyprus. In D. Gabiña, ed. *Analysis and definition of the objectives in genetic improvement programmes in sheep and goats. An economic approach to increase their profitability*, pp. 33–36. Zaragoza, Spain. CIHEAM-IAMZ.
- Meuwissen, T.H.E.** 1997. Maximizing response to selection with a predefined rate of inbreeding. *Journal of Animal Science*, 75: 934–940.
- Nürnberg, M.** 2005. *Evaluierung von Produktionssystemen der Lamahaltung in bäuerlichen gemeinden der Hochanden Boliviens*. Institute of Animal Production in the Tropics and Subtropics, University of Hohenheim, Cuvillier, Göttingen, Germany. (PhD thesis)
- Odubote, I.K.** 1992. *Genetic and non-genetic sources of variation in litter size, kidding interval and body weight at various ages in West African Dwarf Goats*. Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria. (PhD thesis)
- Okeyo, A.M.** 1997. Challenges in goat improvement in developing rural economies of Eastern Africa, with special reference to Kenya. In C.O. Ahuya & H. van Houton, eds. *Goat development in East Africa*.

- Proceedings of a workshop held at Izaak Walton Inn, Embu, Kenya, 8–11 December 1997, pp. 55–66. Nairobi. FARM-Africa.
- Olori, V.E., Cromie, A.R., Grogan, A. & Wickham, B.** 2005. *Practical aspects in setting up a National cattle breeding program for Ireland*. Invited paper presented at the 2005 EAAP meeting in Uppsala, Sweden.
- Pharo, K. & Pharo, D.** 2005. *Direction vs. destination*. Pharo Cattle Co. Spring 2005 Sale Catalog, pp. 72–73. Cheyenne Wells, Colorado, USA. Pharo Cattle Co.
- Rauw, W.M., Kanis, E., Noordhuizen-Stassen, E.N. & Grommers, F.J.** 1998. Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review. *Livestock Production Science*, 56: 15–33.
- Richardson, E.C., Herd, R.M., Archer, J.A., Woodgate, R.T. & Arthur, P.F.** 1998. Steers bred for improved net feed efficiency eat less for the same feedlot performance. *Animal Production Australia*, 22: 213–216.
- Röblier, R.** 2005. *Determining selection traits for local pig breeds in Northern Vietnam: smallholders' breeding practices and trait preferences*. Institute of Animal Production in the Tropics and Subtropics, University of Hohenheim, Germany. (MSc thesis)
- Rocha, J.L., Sanders, J.O., Cherbonnier, D.M., Lawlor, T.J. & Taylor, J.F.** 1998. Blood groups and milk and type traits in dairy cattle: After forty years of research. *Journal of Dairy Science*, 81: 1663.
- Roe E., Huntsinger, L. & Labnow, K.** 1998. High reliability pastoralism. *Journal of Arid Environments*, 39(1): 39–55.
- Sainz, R.D. & Paulino, P.V.** 2004. *Residual feed intake*. Agriculture & Natural Resources Research & Extension Centers Papers, University of California.
- Simianer, H.** 1994. Current and future developments in applications of animal models. In Proceedings of the 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Guelph, Canada. Vol. 18, pp. 435–442.
- Simm, G.** 1998. *Genetic improvement of cattle and sheep*. Tonbridge, UK. Farming Press, Miller Freeman UK Limited.
- Smits, M.A., Barillet, F., Harders, F., Boscher, M.Y., Vellema, P., Aguerre, X., Hellinga, M., McLean, A.R., Baylis, M. & Elsen, J.M.** 2000. Genetics of scrapie susceptibility and selection for resistance. In Proceedings of the 51st Meeting of the European Association for Animal Production (EAAP). 21–24 August, The Hague, Paper S.4.4. EAAP. Rome
- van Arendonk, J.A.M. & Bijma, P.** 2003. Factors affecting commercial application of embryo technologies in dairy cattle in Europe – a modelling approach. *Theriogenology*, 59: 635–649.
- Wickham, B.W.** 2005. Establishing a shared cattle breeding database: Recent experience from Ireland. In M. Guellouz, A. Dimitriadou & C. Mosconi, eds. *Performance recording of animals, State of the art*, 2004. EAAP Publication No. 113, pp. 339–342. Wageningen, the Netherlands. Wageningen Academic Publishers.
- Willis, M.B.** 1991. *Dalton's introduction to practical animal breeding*. 3rd ed. Oxford, UK. Blackwell Science Ltd.
- Woolliams, J.W. & Bijma, P.** 2000. Predicting rates of inbreeding in populations undergoing selection. *Genetics*, 154: 1851–1864.
- Woolliams, J.W., Bijma, P. & Villanueva, B.** 1999. Expected genetic contributions and their impact on gene flow and genetic gain. *Genetics*, 153: 1009–1020.
- Wurzinger, M.** 2005. *Populationsgenetische analysen in Lamapopulationen zur implementierung von leistungsprüfung und selektion*. University of Natural Resources and Applied Life Sciences (BOKU), Vienna. (PhD thesis)