

Кузнецова ВМ
ISSN 0869-6128
Чеборинко, сор 37

ДОКЛАДЫ

Российской академии
сельскохозяйственных наук

Научно-теоретический журнал

6
ноябрь - декабрь

2005

Животноводство

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНОГО РАЗВЕДЕНИЯ В ГЕНОФОНДНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ

В.М.Кузнецов

(Представлено членом-корреспондентом Россельхозакадемии А.Ф.Яковлевым)

Проведено компьютерное моделирование долговременного разведения генофондных популяций различной численности. Показано влияние линейной дифференциации и интенсивности миграции самцов на уровень аккумулированного инбридинга.

Существование генетической изменчивости – необходимое условие для совершенствования популяций сельскохозяйственных животных и птицы. Ее основные источники – рекомбинация генов и мутационный процесс. Факторами, снижающими генетическую изменчивость, являются искусственное осеменение и новые методы разведения (пересадка эмбрионов, клонирование, селекция с использованием маркеров, ДНК-технологии). Биотехнологические методы способствуют повышению интенсивности селекции. Однако при этом резко сокращается эффективная численность популяции и усиливается случайный дрейф генов, следствием которого является либо фиксация, либо потеря части аллелей, то есть гомозиготизация популяции. Поэтому при планировании схем и программ разведения необходим прогноз нарастания гомозиготности, которая может быть оценена уровнем инбридинга [1].

Предотвращение инбридинга или сохранение его в приемлемых границах особенно важно для генофондных популяций и стад. Их количество постоянно увеличивается как из-за сокращения общей численности поголовья, так и из-за ассимиляции пород «лучшим мировым генофондом». В частности, в течение 80-х годов XX века поголовье скота бесстужевской породы сократилось на 48%, истобенской – на 44, костромской – на 45, тагильской – на 59, холмогорской – на 11, ярославской – на 20%, красной горбатовской породы – в 9 раз [2]. В 90-х годах этот процесс ускорился: с 1990 по 2003 гг. поголовье крупного рогатого скота сократилось на 56% (помесное – на 48%), свиней – на 57, овец и коз – на 72, лошадей – на 43, кроликов и птицы – на 50% [3]. В настоящее время нуждаются в сохранении 11 пород крупного рогатого скота, 8 – свиней, 13 – овец, 24 – кур [4].

В зависимости от численности генофондные популяции классифицируют на 5 категорий. К пятой – критической категории относят красную тамбовскую, красную горбатовскую, суксунскую, тагильскую, истобенскую породы и якутский скот. В «группе риска» цивильская, ливенская, брейтовская, муромская, уржумская породы свиней. В овцеводстве 6 пород на грани исчезновения и 18 в «группе риска» [3].

В мировой практике для сохранения исчезающих пород используют два метода: *ex situ* – создание криогенных генофондных банков для длительного

хранения спермы, ооцитов, эмбрионов и ДНК представителей всех структурных единиц породы; *in situ* – организация генофондных хозяйств или ферм, в которых обеспечивается охрана и разведение животных в условиях, близких к естественным. Для России второй метод более приемлем [5]. Однако при этом возникает проблема – необходимо организовать разведение таким образом, чтобы минимизировать потери генетической изменчивости.

Ранее было показано [6], что для «сдерживания» инбридинга и максимального ограничения потерь генетической изменчивости в генофондовом стаде из 100 самок необходимо: минимизировать уровень ремонта; использовать в стаде значительное число самцов в течение ограниченного срока; использовать сперму разновозрастных самцов, по возможности, в равных соотношениях. Целью настоящей работы было исследование влияния линейной дифференциации и интенсивности миграции самцов (использование самцов одной линии на матках другой линии) на уровень внутрилинейного инбридинга в малочисленных генофондных популяциях.

Методика. Популяции (породы) сельскохозяйственных животных и птицы, как правило, подразделяются на локальные группы (субпопуляции), например, на родственные группы, линии или стада. При замкнутом разведении субпопуляций генетическая изменчивость внутри каждой, вследствие дрейфа генов, постепенно сужается, особи становятся все более сходными генотипически, уровень инбридинга возрастает. Миграция особей из одной субпопуляции в другую создает поток генов, который ведет к обмену аллелями между субпопуляциями и не изменяет частоты аллелей в популяции в целом. Однако они могут изменяться в субпопуляциях, если исходные частоты аллелей были различны у «старожилов» и «пришельцев». Миграция должна способствовать замедлению процесса возрастания инбридинга в субпопуляциях.

Определим субпопуляцию как «линию». Тогда все линии вместе будут составлять генофондовую популяцию. Пусть генофондная популяция подразделена на n линий, каждая эффективного размера N_c . Примем N_1 и N_2 – как число соответственно самцов и самок в линии, а M_1 и M_2 – как число самцов-«иммигрантов» и самок-«иммигрантов» в этой же линии. Так как общее число иммигрантов (M) соста-

вит $M_1 + M_2$, то скорость миграции самцов $m_1 = M_1 / N_1$, самок $m_2 = M_2 / N_2$. При допущении, что поколения дискретные, ожидаемый уровень инбридинга в отдельной линии, аккумулированного по прошествии t поколений разведения, составит [7]:

$$F_t' = 1 - k \lambda_1^t - (1-k) \lambda_2^t.$$

Элементы правой части уравнения рассчитываются по формулам:

$$\lambda_1, \lambda_2 = \frac{(a_{22} + a_{11}) \pm \sqrt{(a_{22} - a_{11})^2 + 4a_{12}a_{21}}}{2}$$

при $\lambda_1 > \lambda_s$;

$$k = 0,5 + \frac{0,5(a_{11} + 2a_{12} - a_{22})}{\sqrt{(a_{22} - a_{11})^2 + 4a_{12}a_{21}}} ;$$

где $a_{11} = a(1-c)$; $a_{12} = (1-a)$; $a_{21} = b(1-c)$; $a_{22} = (1-b)$;
 $a = (1-m_1)(1-m_2) + m_1m_2/(n-1)$; $b = (1-a)/(n-1)$;

$$c = 1/2N_e; \quad 1/N_a = 1/4N_1 + 1/4N_2;$$

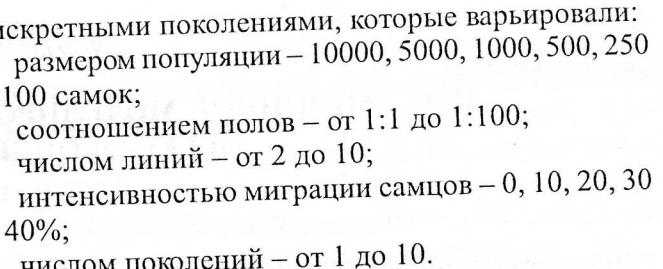
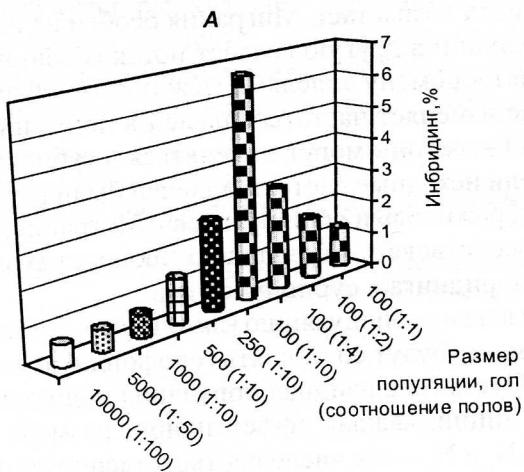
$$N_a = 4 N_1 N_2 / (N_1 + N_2).$$

Ожидаемый аккумулированный инбридинг в поколении t для всей популяции при случайному спаривании и эффективном размере $n \times N_e$ составит:

$$F_t'' = 1 - \left(1 - 1/2 n N_e\right)^t.$$

Разность $\Delta F_t = F_t' - F_t''$ указывает на величину увеличения инбридинга за t поколений разведения, обусловленного той или иной степенью линейной дифференциации популяции и интенсивностью миграции.

Представленные выше формулы легли в основу разработки компьютерной программы INLIN, позволяющей моделировать различные варианты долговременного разведения животных и птицы с прогнозом аккумулированного инбридинга. В частности, моделировали закрытые системы разведения с



Результаты и обсуждение. На рис. 1, А показан ожидаемый уровень аккумулированного за 5 поколений инбридинга в популяциях разной численности. Допускалось, что линейного разведения нет и все животные имеют равную вероятность спариваться и производить потомство – случайное спаривание, которое не означает отсутствие общих предков в родословных партнеров. В данном случае случайное спаривание подразумевает то, что партнеры выбираются независимо от степени их родства. В ограниченных популяциях, а таковы все генофондные популяции и особенно стада, часть особей будет спариваться с биологическими родственниками. Поэтому при случайном спаривании инбридинга не избежать. И это видно из рис. 1, А – во всех рассматриваемых популяциях наблюдался инбридинг. Однако в популяциях с численностью 1000 самок и выше он возрастил медленно – около 0,13% за поколение. Даже при снижении доли самцов в 5 и 10 раз аккумулированный за 5 поколений инбридинг был на уровне 0,6%. Снижение численности популяции с 1000 до 500 и с 500 до 250 самок (при соотношении полов 1:10) привело к 2-кратному удвоению инбридинга. В популяции из 100 самок он составил около 7% за 5 поколений и 13% за 10 поколений (в среднем считается, что 1% коэффициента инбридинга соответствует 1% инbredной депрессии). Эффективный размер популяции составил 36,4 при критическом минимуме 65 по рекомендациям ФАО [8]. С увеличением числа самцов эффективная численность популяции возросла и уровень инбридинга снизился до 1,24% (2,42% за 10 поколений).

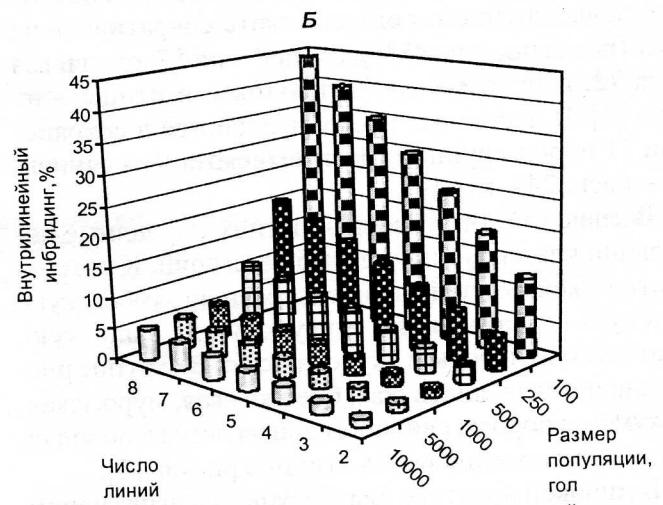


Рис.1. Аккумулированный за 5 поколений инбридинг: А – в свободно размножающихся популяциях различной численности, Б – в популяциях различной численности при разведении по линиям.

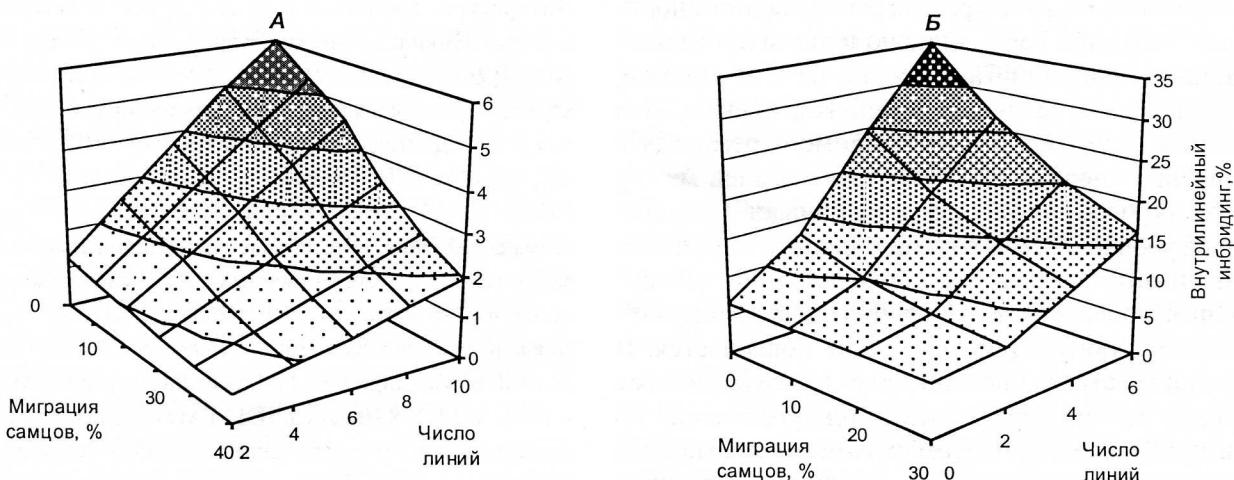


Рис.2. Аккумулированный за 5 поколений инбридинг при разном числе линий и уровне миграции самцов между ними: А – 10000 самок + 100 самцов; Б – 100 самок + 10 самцов.

Инбридинг, который можно ожидать в генофондных популяциях при линейном разведении без миграции, показан на рис. 1Б. Независимо от размера популяции уже при 2 закрытых линиях уровень инбридинга в каждой возрос в 2 раза (относительно случайного спаривания). Увеличение числа линий до 8 привело к последующему повышению инбридинга в 3,5 раза и более. Конечно в генофондных стадах численностью 250 самок и ниже иметь большое число линий нереально. Но даже при 2-3 линиях аккумулированный за 5 поколений инбридинг может достигать в каждой из них 10-20% (до 34% за 10 поколений).

Рис. 2А иллюстрирует ожидаемый уровень внутрилинейного инбридинга в популяции численностью 10000 самок и 100 самцов при разном числе линий и интенсивности миграции самцов между ними. При 2-линейном разведении и миграции 20% самцов (10 голов) увеличение инбридинга из-за линейной дифференциации популяции (ΔF) происходит лишь на 0,17%, то есть аккумулированный инбридинг приблизился к уровню, который был бы при случайном спаривании животных. При 4-линейном разведении подобное увеличение инбридинга наблюдалось начиная с 30, при 6-линейном – с 50, при 10-линейном – с 70%-ной миграции самцов. В целом, случайный обмен самцами (или спермой) между линиями на уровне 20-30% почти вдвое снижал внутрилинейный инбридинг в первых пяти поколениях по сравнению с разведением закрытых линий.

Наибольшей проблемой является сохранение генетической изменчивости в генофондных стадах. На рис. 2Б показан ожидаемый инбридинг в стаде численностью 100 самок и 10 самцов при разном числе линий и интенсивности миграции самцов. Даже без линейного разведения при случайном спаривании аккумулированный за 5 поколений внутрилинейный инбридинг был достаточно высок – 6,69%. Это минимально возможный инбридинг. При чистолиней-

ном разведении он возрастает в разы. В частности, при разведении 6 линий аккумулированный инбридинг составил в каждой из них 35%. Использование самцов одной линии на матках другой снижало инбридинг. И чем больше в стаде линий, тем шире должно быть межлинейное спаривание. Так, для минимизации инбридинга в стаде данного размера, с данным соотношением полов и 2 линиями объем межлинейного спаривания должен быть на уровне 30-40%, при наличии 3-х линий – не менее 60% ($F'_s=6,96\%$), при 4 – 70% ($F'_s=6,95\%$).

Мощным фактором, сдерживающим инбридинг, является соотношение полов. Как следует из табл. с увеличением числа самцов уровень аккумулированного инбридинга снижался в 5 раз (соотношение полов 1:1). Если при этом ограничиться 2-3 линиями и обеспечить межлинейное использование самцов в пределах 20-30%, то уровень аккумулированного за 5 поколений инбридинга может составить только около 1,5%, что хорошо для сохранения генофонда. Однако с экономической точки зрения содержание большого числа самцов не является лучшим вариантом (особенно для крупных животных). Компромиссом для генофондного стада из 100 самок может быть 2-линейная система разведения с соотношением полов 1:3 и межлинейным спариванием на уровне 40%. При такой системе разведения аккумулированный за 5 поколений внутрилинейный инбридинг прогнозируется в пределах 2,5%.

Аккумулированный за 5 поколений инбридинг в стаде из 100 самок при разном соотношении полов, числе линий и интенсивности миграции самцов

Соотношение полов (самцов)	Число линий	Миграция самцов, %				
		0	10	20	30	40
1:10 (10)	4	24,64	18,66	14,53	11,76	9,81
1:4 (25)	4	11,89	8,95	6,92	5,34	4,60
1:2 (50)	4	7,28	5,46	4,21	3,36	2,79
1:1(100)	4	4,90	3,68	2,83	2,26	1,87
1:1(100)	3	3,69	2,79	2,20	1,81	1,57
1:1(100)	2	2,48	1,91	1,58	1,41	1,31

Следовательно, в генофондных популяциях инбридинга не избежать. Разведение по линиям приводит к возрастанию инбридинга в каждой из них. Причем, чем больше число закрытых линий, тем он выше. Для ограничения инбридинга необходимо стремиться к сокращению числа линий. Миграция самцов между линиями (кроссы линий) его ограничивает. При миграции на уровне 20-30% внутрилинейный инбридинг можно снизить в 2 раза. Чем больше линий, тем интенсивнее должна быть миграция. С сокращением численности популяций инбридинг повышается. В генофондных стадах численностью 100 самок и ниже инбридинг можно ограничить путем увеличения до максимума числа используемых самцов, сокращения до минимума числа линий и увеличения до максимума интенсивности миграции самцов между линиями.

Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, 610007, Киров
Поступила в редакцию 08.12.04

Kuznetsov V.M. Simulated modeling of linear rearing in genepool populations

Computer simulation of long-term breeding genepool populations to different females. Influence of linear differentiation and rates of migration males on a level accumulated inbreeding is shown.

УДК 636.32/38:636.085.19

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ МОЛОДЫХ ОВЕЦ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАКОПЛЕНИЯ В НИХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

М.В.Забелина, В.П.Лушников

(Представлено членом-корреспондентом Россельхозакадемии А.Г. Шаховым)

Изучено морфологическое состояние внутренних органов и мышечной ткани молодняка овец бакурской породы в связи с накоплением в них тяжелых металлов. Выявлены негативные последствия действия этих токсикантов на организм животных.

Как известно, тяжелые металлы и их соли относятся к классу высокотоксичных веществ, способных нанести ощутимый вред здоровью животных и человека [1]. Проблема усложняется тем, что химические элементы, в отличие от многих загрязняющих веществ, не реагируют на процессы самоочищения: в ходе миграции они меняют лишь уровень содержания или форму. Включаясь во все типы передвижений и биологический круговорот, они неизбежно приводят к загрязнению важнейших жизнеобеспечивающих сред – питьевой воды, почвы, воздуха, а также пищевых продуктов [2].

Известно также, что чужеродные вещества при проникновении в организм проходят несколько этапов обмена: распределение, трансформацию, элиминацию [3]. Особенностью тяжелых металлов являются их неравномерное распределение по органам и низкая способность к элиминации. При поступлении в организм наступает блокада ряда ферментов с последующим нарушением структуры и функции клеток печени, почек, нарушается белковый, углеводный, липидный обмен. Ряд авторов [4–7] считает, что основной причиной указанного воздействия на организм является то, что ионы тяже-

лых металлов могут выступать в роли так называемых тиоловых ядов.

Литература. 1.Кузнецов В.М. Инбридинг в животноводстве: методы оценки и прогноза. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. 2.Дмитриев Н.Г., Паронян И.А. Отечественный генофонд крупного рогатого скота. – Л.: Агропромиздат, 1992. 3.Фисинин В.И. // Достижения науки и техники АПК. – 2004. – N 8. 4.Прохоренко П.Н., Сердюк Г.Н. //С.-х. биология. – 2002. – N 6. 5.Охапкин С.К., Дунин И.М., Хрунова А.И., Богаткоу Н.П. Система сохранения, восстановления и рационального использования генофонда отечественных малочисленных пород крупного рогатого скота. – М.: ВНИИплем, 2001. 6.Кузнецов В.М. // Доклады Россельхозакадемии. – 1999. – N 4. 7.Roux C.Z. Limiting inbreeding with migration. In: Proceedings 5th WCGALP, Canada. – 1994.-V. 21-3. 8.Hedges J. (Ed.) FAO expert consultation on the management of farm animal genetic resources. Recommendations: The management of global animal genetic resources. FAO Animal Production and Health Paper № 104 ed. FAO, Rome, Italy, 1992.

лых металлов могут выступать в роли так называемых тиоловых ядов.

Цель данных исследований – изучение морфологического состояния внутренних органов и мышечной ткани овец в связи с накоплением в них тяжелых металлов.

Методика. Экспериментальную работу проводили в 2003–2004 гг. в частном секторе в Саратовской области на баранчиках аборигенной бакурской породы. На экологическую обстановку села оказывает влияние северо-западная промышленная зона г. Саратова. В возрасте 2, 4, 6 и 12 мес. провели контрольный убой 3 баранчиков каждого возраста для изучения гистологической структуры печени, почек, легких, сердца, лимфоузлов, мышечной ткани и определения в них содержания тяжелых металлов. Материалом для исследования служили фиксированные в 5%-ном растворе формалина кусочки органов и мышечной ткани. Гистологические препараты готовили методом заливки их в парафин. Серийные срезы толщиной 5–10 мк окрашивали гематоксилин-эозином. Содержание тяжелых металлов – свинца и кadmия в образцах определяли атомно-абсорбционным методом, ртуть и мышьяк – колориметрическим.