

оценки хрячков по признакам собственной продуктивности установлено, что наиболее тесную корреляцию с агрегатным генотипом (точность) имел индекс $I_{2x} = 0,329 * \text{ССП} - 12,128 * \text{ТШ2} - 0,783$. По комплексным индексам-кандидатам, состоящим из признаков собственной продуктивности и репродуктивных признаков, наивысшую оценку точности имел индекс $I_{6c} = 0,192 * \text{ССП} + 1,948 * \text{М} - 2,604 * \text{МПО} - 0,617$. Среди индексов-кандидатов состоящим только из репродуктивных признаков наиболее точным являлся индекс $I_{4c} = 5,763 * \text{М} + 5,123 * \text{МГ} - 3,049 * \text{МПО} - \text{точность } 0,349$. Таким образом, наилучшими показателями характеризовались комплексные индексы I_{2x} , I_{4c} и I_{6c} .

Литература

1. Dekkers, J.C.M., Gibson, J.P., Bijma, P., and van Arendonk, J.A.M. 2005. Design and optimization of animal breeding programmes. Iowa State University. – URL: <http://www.an-slab.iastate.edu/Class/AnS652X>
2. Smith, C. On the derivation of economic weights in livestock improvement / C. Smith, J. W. James, E. W. Brascamp // Anim. Prod. – 1986. – Vol. 43. – P. 545-551.
3. Twenty remarks on economic evaluation of selection goals / J. M. Elsen, B. Bibe, E. Landais, G. Ricordeau // 3rd World Congress Genetics Applied to Livestock Production, Nebraska, XII, 1986. – P. 321-327.
4. DeVries, A. G. A model to estimate economic values of traits in pig breeding / A. G. DeVries // Livest. Prod. Sci. – 1989. – Vol. 21. – P. 49-66.
5. Houska, L. Economic weights for production and reproduction traits of pigs in the Czech Republic / L. Houska, M. Wolfova, J. Jaromír // Livestock Production Science. – 2004. – Vol. 85. – P. 209-221.
6. Economic values for traits of pigs in Hungary / L. Houška, M. Wolfová, I. Nagy, Z. Csörmeyi, I. Komlósi // Czech J. Anim. Sci. – 2010. – Vol. 55. – P. 139-148
7. Нормированное кормление свиней / В. М. Голушко [и др.] ; Науч.-практический центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству. – Жодино, 2019. – 95 с.

Поступила 16.02.2021 г.

УДК 636.4.082.2

Н.М. ХРАМЧЕНКО, А.В. РОМАНЕНКО, К.В. НЕВАР

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭФФЕКТА СЕЛЕКЦИИ ИНДЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СВИНЕЙ

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

Целью исследований было спрогнозировать эффект селекции при различной интенсивности отбора по комплексным селекционным индексам Спрогнозирован эффект

селекции популяции свиней материнских пород республики при различной интенсивности отбора и подбора предполагаемых отцов и матери на основе индексной селекции. Установлена взаимосвязь индексной оценки с фактическими показателями селекционируемых признаков. Использование отобранных по комплексным индексам лучших хряков (5-10%) и свиноматок (10-30%) позволяет получить ремонтный молодняк хрячков со среднесуточным приростом выше родителей на 11-27 грамм, толщиной шпика на 0,12-0,14 мм меньше, с многоплодием на 0,03-0,09 головы выше средних значений исходной опытной популяции, с незначительным или нулевым ростом показателей массы гнезда при рождении и среднего веса поросят к отъему. Прогнозируемое превосходство свинок над средними показателями родителей составит по среднесуточному приросту 11-16 грамм, по толщине шпика – (-0,12) мм, по многоплодию 0,01-0,03 головы в год.

Ключевые слова: эффект селекции, селекционный индекс, экономическая ценность, свиньи.

N.M. KHRAMCHANKA, A.V. ROMANENKO, K.V. NEVAR

PREDICTING RESPONSE TO INDEX SELECTION IN PIG BREEDING

*Research and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

The research to be predict the effect of selection at different intensity of selection according to complex breeding indices. The effect of selection of population of pigs of maternal breeds of the republic at different intensity of selection and matching of prospective fathers and mothers based on index selection. Correlation between the index score and the actual indicators of the selected traits has been established. Use of the best boars (5-10%) and sows (10-30%) selected according to the complex indices makes it possible to obtain replacement young boars with the average daily weight gain of 11-27 grams higher than their parents, and backfat thickness of 0.12-0.14 mm less, with multiple pregnancy rate of 0.03-0.09 animals higher than the average values of the initial experimental population, with insignificant or zero growth in parameters of litter weight at birth and the average weight of piglets by weaning. The predicted superiority of gilts over the average indicators of parents will be 11-16 grams in average daily weight gain, in backfat thickness – (-0.12) mm, in multiple pregnancy rate – 0.01-0.03 animals annually.

Keywords: breeding effect, breeding index, economic value, pigs.

Введение. Цель разведения сельскохозяйственных животных заключается в генетическом улучшении популяции, позволяющем более эффективно производить продукцию в изменяющихся производственных условиях. Генетическое улучшение достигается путем выбора лучших особей текущего поколения и использования их в качестве родителей для получения следующего поколения [1,2].

Структура селекционных программ зависит от вида животных. Программа разведения, оптимальная для свиноводства, состоит из следующих компонентов: а) система регистрации данных, б) методики оценки племенной ценности животных, в) система подбора и отбора животных следующего поколения, г) структура для распространения генетического улучшения [1,3].

Система регистрации данных. Для оценки племенной ценности требуются фенотипические данные кандидатов на отбор. В настоящее время во всех племенных организациях, занимающихся получением племенной продукции свиноводства (животные, сперма), установлено программное обеспечение (ПО), позволяющее осуществлять регистрацию и сбор данных о племенном поголовье – государственная информационная система в области племенного дела в свиноводстве. ПО разработано сотрудниками лаборатории информационно-технологических автоматизированных систем в племенном животноводстве РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», осуществляется его поддержка, сопровождение и модернизация.

Методики оценки племенной ценности животных. После регистрации данных необходимо оценить племенную ценность животных кандидатов на отбор. В настоящее время в республике используется определение племенной ценности, основанное на фенотипической селекции, при которой племенной ценностью является фенотипическое проявление признака в популяции.

Система подбора и отбора животных следующего поколения. Селекция и подбор происходят после оценки племенной ценности. Селекция – это процесс отбора родителей для производства следующего поколения, в то время как подбор – это спаривание конкретных особей из группы отобранных в процессе селекции животных.

Структура для распространения генетического улучшения. В свиноводстве генетический прогресс создается в племенных хозяйствах, но конечной целью является увеличение продуктивности свиней во всей популяции. Размножающая популяция состоит из чистопородных линий, которые скрещиваются, чтобы получить гибридное потомство. Поэтому племенные и производственные популяции полностью разделены, животные гибриды не могут попасть в чистокровные племенные популяции. В республике сложилась структурированная система распространения племенной продукции, состоящая из товарных и племенных хозяйств, государственных племенных предприятий и Белплемявобъединения.

Цель работы. Спрогнозировать эффект селекции при различной интенсивности отбора по комплексным селекционным индексам.

Материал и методика исследований. Установлены оптимальные экономические комплексные селекционные индексы на основе теории селекционного индекса:

Стандартизированные в баллах: $I_{2x}=0,329*ССП-12,128*ТШ2$,
 $I_{6c}=0,192*ССП+1,948*М-2,604*МПО$, $I_{4c}=5,763*М+5,123*МГ-$
 $3,049*МПО$

Фактические денежный эквивалент на свиноматку в год:
 $I_{2x}=2,040*ССП-75,22*ТШ2$, $I_{6c}=1,663*ССП+16,91*М-22,60*МПО$,
 $I_{4c}=14,86*М+13,21*МГ-7,861*МПО$.

Где: многоплодие (М), многоплодие скорректированное (МК), масса гнезда при рождении (МГ), вес поросёнка при отъеме (МПО), среднесуточный прирост от рождения до живой массы 100 кг (ССП), толщина шпика в точке 2 (ТШ2).

Процесс селекции определяет генетическое улучшение популяции с течением времени. Для селекции по фенотипу прогноз генетического превосходства отобранных родителей (\hat{S}) вычисляется по формуле:

$$\hat{S} = ih^2\sigma_p$$

где i – интенсивность селекции в долях стандартизированного отклонения;

h^2 – наследуемость признака;

σ_p – стандартное отклонение фактических измерений признака.

От превосходства животных ведущей группы (родителей) над популяцией зависит эффект селекции по селекционируемому признакам, увеличение темпов которого является целью селекционно-племенной работы.

Формула для расчета эффекта селекции по признакам абсолютной племенной ценности имеет следующий вид:

$$R = S/L$$

где R – эффект селекции за год;

S – генетическое превосходство отобранных родителей над популяцией;

L – интервал между поколениями (интервал генерации).

Интервал генерации L определялся как средний возраст родителей при рождении их потомства.

Расчет эффекта селекции по каждому признаку, входящему в комплексный индекс племенной ценности, более трудоемкий и имеет следующий вид:

$$R=i r_{IA}\sigma_p/L$$

где: r_{IA} – корреляция между индексной оценкой и фактическими измерениями признака.

Если селекционно-генетические параметры, используемые для расчета весовых коэффициентов комплексного индекса, одинаковы для всей популяции, то формула $R=i r_{IA}\sigma_A/L$ для комплексного индекса приобретает вид $R=S=i\sigma_I/L$.

Из-за разницы возраста отбора и рождения потомства самцы и самки могут иметь разные интервалы между поколениями. В этих случаях ответ на селекцию на единицу времени получается путем суммирования генетических превосходств отцов и матерей (S_s и S_d) на сумму их

интервалов генерации (L_s и L_d), в общем случае суммируются все пути генетического улучшения:

$$R = \frac{S_s + S_d}{L_s + L_d} = \frac{\sum_i S_i}{\sum_i L_i}$$

Подбор в племенном свиноводстве республике осуществляется в основном на отсутствие инбридинга между парами. Необходимо соблюдать условие, чтобы в хозяйстве не было более 5% потомства, полученного от одного производителя. В противном случае начинает стихийно накапливаться инбридинг в дальних рядах предков.

Ввиду относительно небольшой численности поголовья хряков-производителей и неравномерности их использования, было принято решение использовать при моделировании не среднее отклонение от популяционного отобранных родителей (i), а порогового значения отбора по признакам продуктивности (x). Данное изменение несколько снизило величину прогнозируемого эффекта селекции (R), однако сделало прогноз гарантированным, в независимости от равномерности использования животных родительского поколения и отбора ремонтного молодняка от них.

Исследования проведены на популяции материнских пород свиней республики. В качестве предполагаемых отцов использовали хряков-производителей станций искусственного осеменения и племенных хозяйств, занимающихся разведением пород свиней йоркшир и ландрас, в количестве 422 головы, в том числе 193 головы породы йоркшир и 229 голов породы ландрас. В качестве предполагаемых матерей были основные свиноматки хозяйств к/х «Годрика Б.С.», СК репродуктор первого порядка «Рассошное», КФХ «Прибужское», УП «Полесье-Агроинвест», СПК «им. Черняховского» в количестве 1869 голов, в том числе 620 породы йоркшир и 1249 породы ландрас.

Расчеты и анализ проводился с помощью статистической среды R, семейства программ REMLF90, BLUPF90.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Цель - на основе комплексной индексной оценки племенной ценности отобрать животных для получения ремонтного молодняка основного стада хряков-производителей и свиноматок основного стада, спрогнозировать эффект селекции.

Для выполнения поставленной цели проведена индексная оценка хряков-производителей и свиноматок, а также рассчитаны селекционно-генетические параметры опытной популяции свиней материнских пород (таблицы 1-4).

Таблица 1 – Средние популяционные показатели оценки хряков-производителей (n-422)

Показатель	ССП	ТШ2	I _{2x}
Среднее значение	647	6,34	135,8
Стандартное отклонение (σ_p)	67	1,84	30,4
Стандартное отклонение генетическое (σ_A)	47	0,48	-
Наследуемость (h^2)	0,71	0,26	-

Таблица 2 – Корреляция и регрессия индексной оценки хряков производителей с фенотипической оценкой селекционируемых признаков

Параметр	ССП \times I _{2x}	ТШ \times I _{2x}
Корреляция	0,682	-0,694
Регрессия	0,311	-71,28

Таблица 3 – Средние популяционные показатели оценки свиноматок (n-1869)

Показатели	ССП	М	МГ	МПО	I _{6c}	I _{4c}
Среднее значение	547	12,51	13,73	7,10	108,7	120,8
Стандартное отклонение (σ_p)	64	2,47	3,65	1,14	12,3	32,2
Стандартное отклонение генетическое (σ_A)	46	0,27	0,44	0,11	-	-
Наследуемость (h^2)	0,71	0,11	0,12	0,11	-	-

Таблица 4 – Корреляция и регрессия индексной оценки свиноматок с фенотипической оценкой селекционируемых признаков

Параметр	ССП \times I _{6c}	М \times I _{6c}	МПО \times I _{6c}	М \times I _{4c}	МГ \times I _{4c}	МПО \times I _{4c}
Корреляция	0,852	0,339	-0,068	0,908	0,946	-0,468
Регрессия	0,164	1,691	-0,733	11,84	8,35	-13,23

За интервал между поколениями (L) принят минимальный возраст между датами рождения родителей и потомков. Для хряков-производителей это 16 месяцев (или 1,48 года), которые складываются из возраста первого осеменения (12 месяцев) и супоросности (4 месяца). Для свиноматок интервал между поколениями составляет – 23 месяца (или 1,92 года), возраст первой охоты (18 месяцев), осеменение во вторую охоту (1 месяц), супоросность (4 месяца).

Для получения ремонтного молодняка от лучших хряков-производителей проанализировано три варианта интенсивности отбора: 1, 5 и 10%. Стоит обратить внимание на то, что на первоначальном этапе необходимо использовать минимум 1/20 или 5% лучших хряков, так как в противном случае будет накапливаться инбридинг. Когда отбор будет проводиться из полученного и оцененного по индексам ремонтного молодняка, доля селекции для отбора в основное стадо может быть и менее 1% в зависимости от количества проведенных измерений фенотипа. Для свиноматок интенсивность отбора принята 10 % лучших свиноматок для спаривания с целью получения ремонтных хрячков, 30% для ремонта основного стада свиноматок, 50% для примера при низких показателях воспроизводства в стаде.

В таблице 5 приведены расчетные показатели превосходства хряков и свиноматок при различной интенсивности отбора, а также варианты селекции как по отдельным селекционируемым признакам, так и на основе селекционного индекса. Направление селекции зависит от селекционера и конкретно стоящих задач, которые он хочет решить. Мы априори решили использовать селекцию по комплексным индексам, так как ее плюсы (одновременное улучшение ряда селекционируемых признаков) перевешивают максимально возможный эффект селекции, полученный при селекции по одному признаку, в то время как по другим признакам селекция не проводится и может принимать отрицательные значения.

Анализируя данные таблицы 5, можно заключить, что, используя 1% лучших хряков-производителей (5 голов), невозможно гарантировать отсутствие инбридинга в последующих поколениях. Минимальное количество хряков для исключения накопления инбридинга, это 21 голова, или 5% популяции, в результате отбора которых можно получить увеличение среднесуточного прироста 30,25 г и уменьшение толщины шпика на 0,31 мм в год, при отборе животных с комплексным индексом – 178 баллов и более. В денежном выражении такой отбор позволит увеличить прибыльность за счет хряков на 176,87 рубля в год. Отбор 10% лучших производителей (172 и более балла) позволит улучшить показатели на 26 граммов, 0,27 мм и 151,73 рубля соответственно. По свиноматкам мы использовали два комплексных индекса – это комбинированный I_{6c} , учитывающий кроме репродуктивных признаков еще среднесуточный прирост и индекс (I_{4c}), состоящий только из репродуктивных признаков. Сразу необходимо отметить, что отбор 50% свиноматок при имеющихся селекционно-генетических показателях стада не позволит получить прироста продуктивности животных следующего поколения, а даже незначительно ухудшит показатели. Следовательно, все улучшения при такой интенсивности отбора будут только за счет хряков-производителей.

Для подбора свиноматок с целью получения ремонта основного стада хряков-производителей целесообразно использовать животных с интенсивностью отбора 10% по комплексным индексам. Отбор свыше индекса 124 (I_{6c}) позволит получить селекционный сдвиг по среднесуточному приросту – 24,9 грамма, по многоплодию 0,06 головы в год, без изменения средней живой массы поросят при отъеме. Отбор свыше индекса 162 (I_{4c}) позволит получить селекционный сдвиг по многоплодию 0,17 головы, по массе гнезда при рождении – 0,28 килограмма в год, без изменения средней живой массы поросят при отъеме.

В денежном выражении прирост отбора по индексам составит 68,80 и 55,8 рублей в год для индексов I_{6c} и I_{4c} соответственно.

Таблица 5 – Прогнозируемый селекционный дифференциал по признакам продуктивности и комплексным индексам при разной интенсивности отбора

Интенсивность отбора, %	Интенсивность селекции (i) в долях σ			Пороговое значение отбора по фенотипу в популяции			Генетический эффект при селекции по одному селекционизируемому признаку $R = ih^2\sigma_p/L$			Эффект селекции по индексу $R = i\sigma_i/L$		Генетический эффект по селекционируемым признакам входящим в индекс $R = \sum \sigma_A/L$					
	ССП	ТШ	I_{2x}	ССП	ТШ	I_{2x}	ССП	ТШ	I_{2x}	баллов	рублей						
Комплексный индекс хряков-производителей I_{2x}																	
p%	n	ССП	ТШ	I_{2x}	ССП	ТШ	I_{2x}	ССП	ТШ	I_{2x}	$I_{2x(руб)}$	ССП	ТШ				
1	5	2,81	1,82	2,01	834	3,0	197	89,9	-0,59	41,36	256,49	43,86	-0,45				
5	21	1,78	1,27	1,39	765	4,0	178	56,8	-0,41	28,52	176,87	30,25	-0,31				
10	43	1,24	1,22	1,19	729	4,1	172	39,6	-0,39	24,47	151,73	25,95	-0,27				
Комплексный индекс свиноматок I_{6c}																	
p%	n	ССП	М	МПО	I_{6c}	ССП	М	МПО	I_{6c}	ССП	М	МПО	ССП	М	МПО		
10	187	1,209	1,130	1,229	1,234	624	15,3	8,50	124	28,7	0,16	0,07	7,9	68,8	24,9	0,06	0,0
30	561	0,539	0,482	0,466	0,424	581	13,7	7,63	114	12,8	0,07	0,03	2,7	23,6	8,6	0,02	0,0
50	935	0,087	-0,003	0,045	-0,054	552	12,5	7,15	108	2,1	0,00	0,003	-0,4	-3,0	-1,1	-0,003	0,0
Комплексный индекс свиноматок I_{4c}																	
p%	n	М	МГ	МПО	I_{4c}	М	МГ	МПО	I_{4c}	М	МГ	МПО	I_{4c}	М	МГ	МПО	
10	187	1,130	1,418	1,229	1,289	15,3	18,9	8,5	162	0,16	0,32	0,07	21,6	55,8	0,17	0,28	-0,04
30	561	0,482	0,431	0,466	0,470	13,7	15,3	7,6	136	0,07	0,108	0,03	7,9	20,3	0,06	0,10	-0,01
50	935	-0,003	-0,172	0,045	-0,073	12,5	13,1	7,2	118	0,00	-0,04	0,00	-1,2	-3,2	-0,009	-0,02	0,002

Отбор 30% лучших свиноматок для спаривания позволит иметь минимальные темпы селекции за счет материнской стороны: по индексу I_{6c} (выше индекса 114 баллов) по ССП – 8,6 грамма и М – 0,02 головы, по индексу I_{6c} (выше индекса 136 баллов) М – 0,06 головы и МГ – 0,10 кг. С этой долей селекции можно отбирать ремонтных свинок для ремонта основного стада свиноматок.

Моделирование превосходства продуктивности потомства от отобранных пар на основе комплексной оценки племенной ценности представлено в таблице 6. Данные таблицы показывают, что при селекции по индексу лучших хряков и свиноматок средние показатели ремонтного молодняка хрячков будут выше родителей по среднесуточному приросту на 11-27 г, по толщине шпика на 0,12-0,14 мм ниже, по многоплодию на 0,03-0,09 головы выше средних значений исходной опытной популяции, с незначительным или нулевым ростом показателей массы гнезда при рождении и среднему весу поросят к отъему. Превосходство свинок над средними показателями родителей составит по среднесуточному приросту 11-16 грамм, по толщине шпика – (-0,12) мм, по многоплодию 0,01-0,03 головы. Разбежка обусловлена моделированием для разной доли селекции в зависимости от качества воспроизводства племенных предприятий республики.

Таблица 6 – Прогнозируемое превосходство потомства, полученного от спаривания животных с разной долей селекции по комплексным индексам

Комбинации интенсивности отбора самцов и самок	Прогнозируемый рост продуктивности в год					
	Индекс, руб.	ССП, г	ТШ, мм	М, гол	МГ, кг	МПО, кг
Ремонтный молодняк хрячки						
5% по I_{2x} + 10% по I_{6c}	116	27	-0,14	0,03	0,00	0,00
10% по I_{2x} + 10% по I_{6c}	105	25	-0,12	0,03	0,00	0,00
5% по I_{2x} + 10% по I_{4c}	109	13	-0,14	0,09	0,16	-0,02
10% по I_{2x} + 10% по I_{4c}	98	11	-0,12	0,09	0,16	-0,02
Ремонтный молодняк свинки						
10% по I_{2x} + 30% по I_{6c}	79	16	-0,12	0,01	0,00	0,00
10% по I_{2x} + 30% по I_{4c}	78	11	-0,12	0,03	0,06	-0,01

Описанный выше пример является первым раундом прогноза, каждое следующее поколение полученного молодняка необходимо оценивать по данному алгоритму, прогнозировать и вести отбор лучших животных. С каждым поколением интенсивность селекции будет уменьшаться за счет консолидации наследственности и снижения значений вариантов (стандартных отклонений) и увеличиваться за счет точности, другими словами, за счет изменения селекционно-генетических параметров популяции в результате проводимой (внедряемой) программы селекции. Поэтому проведенный анализ программы селекции только первый этап планомерной работы.

Внедрить результаты разработки и моделирования программ селекции, в племенное свиноводство республики планируется за счет разработки соответствующего модуля государственной информационной системы в области племенного свиноводства, состоящей из программного обеспечения для станций искусственного осеменения и племенных свиноводческих предприятий, и обучения персонала теоретическим и практическим навыкам разработки программ селекции на предприятии и республики в целом.

Заключение. Использование отобранных по комплексным индексам лучших хряков и свиноматок позволяет получить ремонтный молодняк хрячков со среднесуточным приростом выше родителей на 11-27 грамм, толщиной шпика на 0,12-0,14 мм меньше, с многоплодием на 0,03-0,09 головы выше средних значений исходной опытной популяции, с незначительным или нулевым ростом показателей массы гнезда при рождении и среднего веса поросят к отъему. Прогнозируемое превосходство свинок над средними показателями родителей составит по среднесуточному приросту 11-16 грамм, по толщине шпика – (-0,12) мм, по многоплодию 0,01-0,03 головы в год.

Литература

1. Dekkers, J.C.M., Gibson, J.P., Bijma, P., and van Arendonk, J.A.M. 2005. Design and optimization of animal breeding programmes. Iowa State University. – URL: <http://www.an-slab.iastate.edu/Class/AnS652X>
2. Кузнецов, В. М. Основы научных исследований в животноводстве / В. М. Кузнецов. – Киров : Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2006. – 568 с.
3. Textbook Animal Breeding: Animal Breeding and Genetics for BSc Students Kor Oldenbroek, Liesbeth van der Waaij Centre for Genetic Resources and Animal Breeding and Genomics Group, Wageningen University and Research Centre, 2014. – 311 p.

Поступила 22.02.2021 г.