

ОЦЕНКА ПЛЕМЕННОЙ ЦЕННОСТИ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПОЛЕЗНЫХ ПРИЗНАКОВ И РАЗРАБОТКА
СЕЛЕКЦИОННОГО ИНДЕКСА ДЛЯ СВИНОМАТОК ПОРОДЫ ЛАНДРАС

Научная статья

Контэ А.Ф.¹, Белоус А.А.^{2*}, Отраднов П.И.³, Волкова В.В.⁴

¹ ORCID : 0000-0003-4877-0883;

² ORCID : 0000-0001-7533-4281;

³ ORCID : 0000-0002-1153-5815;

⁴ ORCID : 0000-0002-2080-0182;

^{1, 2, 3, 4} Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Подольск,
Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (belousa663[at]gmail.com)

Аннотация

Целью работы являлась разработка комплексной системы оценки хозяйственно-биологических признаков свиней породы ландрас на основе селекционного индекса. Мясные показатели и признаки качества потомства были по свиньям породы ландрас (n=600). Количество отцов, учтенных в исследовании составило 35 голов. При помощи программы REMLF90 были получены цифровые значения генетических вариантов и коварианс исследуемых признаков животных в соответствии с уравнениями смешанной модели. Расчет селекционного индекса племенной оценки животных проведен по совокупному количеству исследуемых признаков. Наивысшим значением наследуемости по Animal Model выделяется признак количество хрячков (0,45), в Sire Model он составляет всего 0,19. Количество же живорожденных поросят в Sire Model обладает высоким значением (0,44). При этом обе модели отличались более низкими коэффициентами наследуемости по толщине шпика в обеих точках (0,02...0,12). При расчете согласно двум моделям на примере генетической связи живой вес отрицательно сильно коррелирует с такими показателями: количество живорожденных поросят, также количество хрячков и свинок полученных в среднем за опорос ($r=-0,70...-0,85$). При этом данные показатели достаточно сильно взаимосвязаны между собой ($r=0,7...0,9$). При установлении весовых коэффициентов субиндексов для общего уравнения индекса исследуемые признаки условно разделены на 2 группы:

1) мясные качества (живой вес; толщина шпика в области холки; толщина шпика между 6-7 спинными позвонками);

2) качество потомства (количество живорожденных поросят; количество хрячков; количество свинок).

Так использовали следующий подход: в первом случае – 0,5 (50%) отдали признакам мясных качеств, во втором – 0,7 (70%) и в третьем – 0,6 (60%). При селекции по мясным качествам и качеству потомства можно достичь наиболее положительного эффекта по общему комплексу признаков, чем при индивидуальной селекции по определенным параметрам. Целесообразно применение в качестве одного из основных критериев селекционной работы значение селекционного индекса.

Ключевые слова: селекционный индекс, оценка племенной ценности, мясные признаки, воспроизводительные качества, свиноматки породы ландрас.

AN EVALUATION OF BREEDING VALUE OF ECONOMICALLY USEFUL TRAITS AND DEVELOPMENT OF
SELECTION INDEX FOR LANDRAS BREED PIGS SOWS

Research article

Konte A.F.¹, Belous A.A.^{2*}, Otradnov P.I.³, Volkova V.V.⁴

¹ ORCID : 0000-0003-4877-0883;

² ORCID : 0000-0001-7533-4281;

³ ORCID : 0000-0002-1153-5815;

⁴ ORCID : 0000-0002-2080-0182;

^{1, 2, 3, 4} Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, Podolsk, Russian Federation

* Corresponding author (belousa663[at]gmail.com)

Abstract

The aim of the work was to develop a comprehensive system of evaluation of economic and biological traits of Landrace pigs on the basis of selection index. Meat indices and progeny quality traits were based on Landrace pigs (n=600). The number of fathers considered in the study was 35 head. With the help of REMLF90 programme, the digital values of genetic variants and covariances of the studied animal traits were obtained according to the equations of the mixed model. Calculation of selection index of breeding evaluation of animals was carried out on the total number of investigated traits. The highest value of heritability according to Animal Model is the number of boars (0.45), while in Sire Model it is only 0.19. The number of live-born piglets in Sire Model has a high value (0.44). At the same time, both models were characterized by lower inheritance coefficients for the thickness of the speck at both points (0.02...0.12). When calculated according to the two models on the example of genetic relationship, live weight is negatively strongly correlated with such indicators: the number of live-born piglets, as well as the number of boars and pigs received on average per farrowing ($r=-0.70...-0.85$). At the same time, these indicators are strongly correlated with each other ($r=0.7...0.9$). At establishment of weight coefficients of subindices for the general equation of the index, the investigated features are conditionally divided into 2 groups:

1) meat qualities (live weight; thickness of withers; thickness of withers between 6-7 dorsal vertebrae);

2) quality of offspring (number of live born piglets; number of boars; number of pigs).

So the following approach was used: in the first case – 0.5 (50%) was given to the traits of meat qualities, in the second case – 0.7 (70%) and in the third case – 0.6 (60%). At selection on meat qualities and quality of offspring it is possible to reach the most positive effect on the general complex of traits, than at individual selection on certain parameters. It is advisable to use as one of the main criteria of selection work the value of selection index.

Keywords: selection index, breeding value assessment, meat traits, reproductive qualities, landras breed pigs sows.

Введение

При наличии цели селекции, заключающейся в улучшении нескольких признаков, которые могут различаться по степени изменчивости, уровню наследуемости, экономической значимости и корреляции на фенотипическом и генетическом уровне, одновременный отбор по индексу множественных признаков является более эффективным подходом, чем независимые уровни отбраковки или последовательный отбор. Селекция животных – это комплекс мероприятий, в рамках которых определенные признаки улучшаются путем выбора лучших самцов и самок для племенного ядра [1]. При этом, особо важное значение имеет генетический отбор по репродуктивным функциям чистопородных и гибридных свиней. Воспроизводительные качества являются основными компонентами продуктивности свиноматок, а также ключевыми факторами, которые влияют на производительность как племенных, так и товарных стад в свиноводческой отрасли. Разработка селекционного индекса – это метод, при котором все значения признаков-критериев отбора объединяются в одно значение индекса [2]. Индексные оценки представляют собой сумму произведений оценок племенной ценности и соответствующих экономических весов каждого изучаемого признака. Ожидается, что отбор чистопородных свиноматок по репродуктивным качествам может значительно улучшиться благодаря активному применению статистических методов (например, BLUP, GBLUP, ssGBLUP, wssGBLUP) для генетической оценки [3]. Индекс рассчитывается для каждого животного на основе оценок его племенной ценности по каждому признаку. Следующий за этим отбор основывается на ранжировании особей в соответствии со значением индексных оценок. Таким образом, селекционный индекс представляет собой оценку совокупного значения генетического потенциала каждого животного по всем включенным параметрам с поправкой на экономическую компоненту.

В свиноводстве на протяжении всей истории использовались различные методы селекции. Общие методы отбора: случайный отбор, тандемный отбор, независимые уровни отбраковки, метод суммарного балла (индексный отбор), индекс отбора, расчетная племенная ценность (EBV), ожидаемая разница в потомстве (EPD), наилучший линейный несмещенный прогноз (BLUP). Отбор на основе селекционного индекса является наиболее часто используемым методом в программах генетического улучшения свиней [4]. В свиноводстве измерение хозяйственно-полезных признаков осуществляется с применением двух основных подходов: с помощью автоматических кормовых станций и полевых испытаний, соответственно [5]. Тестовый откорм на автоматических кормовых станциях более точен ввиду меньшего влияния человеческого фактора, но полевые испытания имеют преимущества, так как обходятся значительно дешевле. После сбора всей необходимой информации по бонитировке, все задействованные в селекционной программе признаки объединяются в одну оценку, называемую селекционным индексом. Структура и форма индексов могут различаться в разных странах [6], [7], [8] в зависимости от цели разведения и селекционного давления.

В связи с вышеизложенной актуальностью, целью работы являлась разработка комплексной системы оценки хозяйственно полезных признаков свиней породы ландрас на основе селекционного индекса.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили на базе ООО СГЦ «Топ Ген» (Воронежская область). Данные по воспроизводительным и мясным показателям свиноматок породы ландрас (n=600) 2021-2022 г.р. были взяты из базы данных программного обеспечения для селекционеров Herdspan.

При помощи программы REMLF90 были получены цифровые значения генетических вариантов и коварианс исследуемых признаков животных в соответствии с уравнениями модели [9]:

$$y = \mu + YM + YMF + aml + e \quad (1)$$

где: μ – популяционная константа;

YM – «год – месяц рождения» фиксированный эффект животного;

YMF – «год – месяц опороса» животного;

aml – эффект животного, рандомизированный эффект;

e – остаточная вариация модели [13, С. 4], [14, С. 23].

$$y = \mu + YM + YMF + sr + e \quad (2)$$

где: μ – популяционная константа;

YM – «год – месяц рождения» фиксированный эффект животного;

YMF – «год – месяц опороса» животного;

sr – эффект отца, рандомизированный эффект;

e – остаточная вариация модели [10], [11].

Первая модель (Animal Model) была использована для оценки свиней, а вторая (Sire Model) – хряков.

Вариантные и ковариантные параметры выборки были установлены методом последовательных замещений (итерации) Гаусса – Зейделя [10], [12].

Согласно модели смешанного типа, охватывающей все взаимосвязанные показатели, оценивали паратипические и генетические корреляции.

Среди всех составляющих, важнейшее значение имеет точность оценки генетических особенностей животного, которое, в целом, определяется точностью построения уравнения оценки. Для обеспечения максимальной точности оценки племенной ценности необходимо использовать точную информацию о родственниках, которая учитывается через матрицу родства в рамках уравнения смешанной модели.

Уравнение селекционного индекса имеет вид:

$$I = \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3 + \dots + \alpha_j x_j \quad (3)$$

где: α_i – коэффициент «веса» j -го признака в структуре индекса;

x_j – оценка племенной ценности j -го признака.

В матричном виде селекционный индекс приобретает вид:

$$I = \sum_{j=1}^t X_j a_j = X' \alpha \quad (4)$$

где X_j – оценка племенной ценности j -го признака;

a_j – индексный вес i -го признака;

X' – матрица значений оценок племенной ценности свиней по включенным в индекс признакам;

$\alpha = [\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i]$ – вектор индексных весов.

Максимальное увеличение корреляционной связи между значениями индекса и агрегатного генотипа является одним из основных критериев выбора индексных весов. Индексные веса, соответствующие каждому признаку, представляют собой сумму значений вектора-столбца a_j , полученного в результате решения системы уравнений, в матричном виде представляемой, как:

$$a_j = P_0^{-1} G_{0j} V \quad (5)$$

где: P_0^{-1} – обратная фенотипическая ковариационная матрица признаков, включенных в селекционный индекс;

G_{0j} – вектор-столбец аддитивной генетической ковариационной матрицы, соответствующий j -му признаку;

V – экономический вес признака.

На основе полученных вариационных компонентов был проведен расчет параметров генетической изменчивости между признаками и их наследуемости, а также оценка влияния паратипических факторов.

Основные результаты

К хозяйственно-полезным признакам нами были отнесены следующие: вес, толщина шпика в области холки и между 6-7 спинными позвонками, количество живорожденных поросят, также количество хрячков и свинок, полученных в среднем за опорос (таблица 1).

Таблица 1 - Значения признаков изучаемой группы свиней породы ландрас

Признаки	M	m	σ	C_v , %	kurtosis
Вес, кг	221,5	0,81	13,39	6,05	3,33
Толщина шпика в области холки, фут	0,51	0,01	0,09	19,30	3,21
Толщина шпика между 6-7 спинными позвонками, фут	0,39	0,01	0,09	24,30	-0,56
Кол-во живорожденных поросят, гол	13	0,18	3,07	23,30	0,93
Кол-во хрячков, гол	7	0,14	2,36	35,40	0,01
Кол-во свинок, гол	6	0,14	2,36	36,30	-0,22

Примечание: M – среднее значение, m – ошибка среднего арифметического, σ – стандартное отклонение, C_v – коэффициент вариации; kurtosis – коэффициент эксцесса

Исследуемые свинки породы ландрас на момент опороса имели 222 кг живого веса при толщине шпика в области холки и между 6-7 спинными позвонками 0,51...0,39 фута. При этом наименьшей изменчивостью характеризуется живой вес, его коэффициент вариации составляет всего 6%. Наивысшими показателями данного коэффициента отличаются такие показатели как количество хрячков и свинок (35,4...36,3%).

Генетическое разнообразие признаков свиней исследуемого поголовья по 2-ум моделям (Animal и SireModel) находилось на уровне 0,00014...10,220% и 0,00005...5,0720%, что в 2,2-59,4 раза ниже изменчивости фенотипа по AnimalModel (таблица 2). При этом схожая закономерность наблюдается и по SireModel, за исключением признаков

толщина шпика в области холки и между 6-7 спинными позвонками – разница между фенотипом и генотипом минимальна (0,0001...0,0002 раза).

Таблица 2 - Генетическая и фенотипическая изменчивость показателей свиней породы ландрас

Модель	Вариансы	Живой вес	Толщина шпика в области холки	Толщина шпика между 6-7 спинными и позвонками	Кол-во живорожденных поросят	Кол-во хрячков	Кол-во свинок
1 ^A	Var(G) ^B	10,22	0,0001	0,0001	3,036	0,616	1,084
	Var(Ph)	156,40	0,0083	0,0048	6,588	4,832	4,643
2	Var(G)	5,07	0,0001	0,0001	1,069	0,261	0,350
	Var(Ph)	162,20	0,0084	0,0049	8,695	5,229	5,412

Примечание: ^A 1 – Animal Model; 1 – Sire Model; ^B Var(G) – генетическая вариация; Var(Ph) – фенотипическая вариация

Наибольшей изменчивостью характеризовались: живой вес, количество живорожденных поросят, количество хрячков и свинок.

Если обратить внимание на значения наследуемости, то здесь заметны различия и между самими моделями (таблица 3).

Таблица 3 - Коэффициент наследуемости хозяйственно-биологических признаков (h²)

Признаки	Модель	
	1 ^A	2
Вес, кг	0,25	0,12
Толщина шпика в области холки, см	0,07	0,02
Толщина шпика между 6-7 спинными позвонками, см	0,12	0,05
Кол-во живорожденных поросят, гол	0,32	0,44
Кол-во хрячков, гол	0,45	0,19
Кол-во свинок, гол	0,19	0,24

Примечание: ^A 1 – Animal Model; 1 – Sire Model

Наивысшим значением наследуемости по Animal Model выделяется признак количество хрячков (0,45), в Sire Model он составляет всего 0,19. В Sire Model же наиболее высоким значением характеризуется количество живорожденных поросят (0,44). При этом обе модели отличались более низкими коэффициентами наследуемости по толщине шпика в обеих точках (0,02...0,12).

Следует также обратить внимание на характер фенотипической и генетической связи между исследуемыми признаками в зависимости от расчета по двум разным моделям (рисунки 1 и 2).

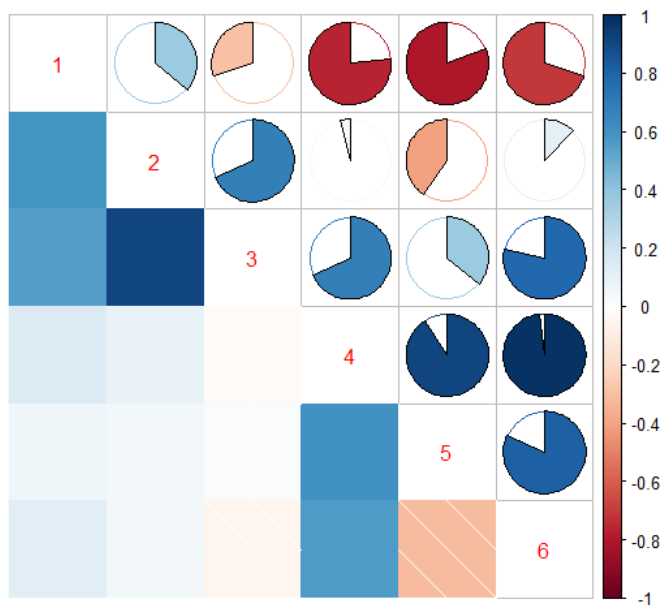


Рисунок 1 - Тепловая карта корреляций по Animal Model

Примечание: выше диагонали – генетические корреляции; ниже – фенотипические корреляции; 1 – живой вес; 2 – толщина шипка в области холки; 3 – толщина шипка между 6-7 спинными позвонками; 4 – количество живорожденных поросят; 5 – количество хрячков; 6 – количество свинок

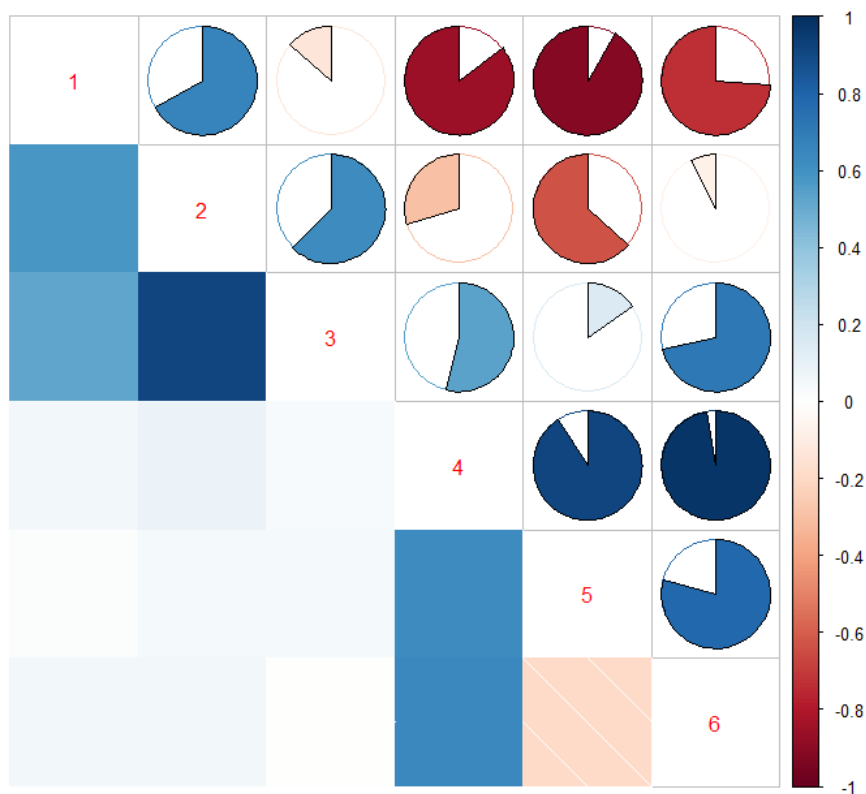


Рисунок 2 - Тепловая карта корреляций по Sire Model

Примечание: выше диагонали – генетические корреляции; ниже – фенотипические корреляции; 1 – живой вес; 2 – толщина шипка в области холки; 3 – толщина шипка между 6-7 спинными позвонками; 4 – количество живорожденных поросят; 5 – количество хрячков; 6 – количество свинок

Данные коррелограммы демонстрируют, что при расчете согласно двум моделям на примере генетической связи живой вес отрицательно сильно коррелирует с такими показателями: количество живорожденных поросят, также количество хрячков и свинок полученных в среднем за опорос ($r=-0,70\dots-0,85$). При этом данные показатели достаточно сильно взаимосвязаны между собой ($r=0,7\dots0,9$).

Фенотипические корреляции несколько отличаются от генетических, а в некоторых случаях имеют противоположный знак. Так, живой вес генетически взаимосвязан с толщиной шпика в области холки и между 6-7 спинными позвонками по Animal Model на уровне $r=-0,29$ и $0,36$, соответственно, а по Sire Model – на уровне $-0,14$ и $0,66$. Фенотипические коэффициенты корреляции находятся на уровне $0,5$ и $0,6$ соответственно. Схожая ситуация с количеством хрячков и свинок – фенотипическая связь между ними низкая отрицательная ($r=-0,31$ по Animal Model и $-0,19$ по Sire Model), в то же время уровень генетической связи находится на высоком положительном уровне ($r=0,8$).

Теоретическая основа расчета селекционного индекса представляет собой племенную оценку животных по совокупному количеству исследуемых признаков. Субиндексы служат частными показателями для каждого из признаков, они включают в себя оценки каждого признака на основе коварианс, и фенотипических и генотипических (таблицы 4 и 5).

Таблица 4 - Уравнения субиндексов хозяйственно-биологических признаков хрячков породы ландрас

Веса	Показатели	Уравнение субиндекса
50/50 ^A	Мясные качества ^B	$I_1 = 0,403x_1 + 64,09x_2 - 118,55x_3$
	Качество потомства	$I_2 = 46,65x_4 - 49,16x_5 - 49,12x_6$
70/30	Мясные качества	$I_1 = 0,648x_1 + 105,01x_2 - 193,55x_3$
	Качество потомства	$I_2 = 73,58x_4 - 77,62x_5 - 77,58x_6$
60/40	Мясные качества	$I_1 = 0,527x_1 + 84,68x_2 - 156,30x_3$
	Качество потомства	$I_2 = 60,21x_4 - 63,48x_5 - 63,44x_6$

Примечание: субиндексы получены на основе применения Sire Model.

^A50/50 – 0,5 селекционный вес признаков мясных качеств, 0,5 - селекционный вес признаков качества потомства; 70/30 – 0,7 селекционный вес признаков мясных качеств, 0,3 - селекционный вес признаков качества потомства; 60/40 – 0,6 селекционный вес признаков мясных качеств, 0,4 - селекционный вес признаков качества потомства; ^B – 6 признаков условно разделены на 2 группы: мясные качества (x_1 – живой вес; x_2 – толщина шпика в области холки; x_3 – толщина шпика между 6-7 спинными позвонками), качество потомства (x_4 – количество живорожденных поросят; x_5 – количество хрячков; x_6 – количество свинок)

Таблица 5 - Уравнения субиндексов хозяйственно полезных признаков свиней породы ландрас

Веса	Показатели	Уравнение субиндекса
50/50 ^A	Мясные качества ^B	$I_1 = -0,822x_1 - 132,24x_2 + 252,86x_3$
	Качество потомства	$I_2 = -294,32x_4 + 301,29x_5 + 300,47x_6$
70/30	Мясные качества	$I_1 = -0,184x_1 - 166,84x_2 + 260,44x_3$
	Качество потомства	$I_2 = 251,34x_4 - 250,49x_5 - 247,16x_6$

60/40	Мясные качества	$I_1 = -0,500x_1 - 149,63x_2 + 256,60x_3$
	Качество потомства	$I_2 = -19,35x_4 + 23,23x_5 + 24,50x_6$

Примечание: субиндексы получены на основе применения Animal Model.

^A50/50 – 0,5 селекционный вес признаков мясных качеств, 0,5 - селекционный вес признаков качества потомства; 70/30 – 0,7 селекционный вес признаков мясных качеств, 0,3 - селекционный вес признаков качества потомства; 60/40 – 0,6 селекционный вес признаков мясных качеств, 0,4 - селекционный вес признаков качества потомства; ^B– 6 признаков условно разделены на 2 группы: мясные качества (x_1 – живой вес; x_2 – толщина шпика в области холки; x_3 – толщина шпика между 6-7 спинными позвонками), качество потомства (x_4 – количество живорожденных поросят; x_5 – количество хрячков; x_6 – количество свинок)

Неравнозначная ценность аргументов уравнений объясняется значениями экономических весов субиндексов, а также неоднородным характером корреляционных взаимосвязей между значениями признаков.

При установлении весовых коэффициентов субиндексов для общего уравнения индекса исследуемых признаков, мы опирались на следующий выбранный принцип, согласно которому 6 признаков условно разделены на 2 группы:

1) мясные качества (живой вес; толщина шпика в области холки; толщина шпика между 6-7 спинными позвонками);

2) качество потомства (количество живорожденных поросят; количество хрячков; количество свинок).

Так использовали следующий подход: в первом случае – 0,5 (50%) отдали признакам мясных качеств, во втором – 0,7 (70%) и в третьем – 0,6 (60%).

Полученные значения аргументов представили общую структуру селекционного индекса:

1. Sire Model:

$$(50/50) I_{TOT} = 0,5I_1 + 0,5I_2 = 0,403x_1 + 64,09x_2 - 118,55x_3 + 46,65x_4 - 49,16x_5 - 49,12x_6,$$

$$(70/30) I_{TOT} = 0,7I_1 + 0,3I_2 = 0,648x_1 + 105,01x_2 - 193,55x_3 + 73,58x_4 - 77,62x_5 - 77,58x_6,$$

$$(60/40) I_{TOT} = 0,6I_1 + 0,4I_2 = 0,527x_1 + 84,68x_2 - 156,30x_3 + 60,21x_4 - 63,48x_5 - 63,44x_6$$

2. Animal Model:

$$(50/50) I_{TOT} = 0,5I_1 + 0,5I_2 = -0,822x_1 - 132,24x_2 + 252,86x_3 - 294,32x_4 + 301,29x_5 + 300,47x_6,$$

$$(70/30) I_{TOT} = 0,7I_1 + 0,3I_2 = -0,184x_1 - 166,84x_2 + 260,44x_3 + 251,34x_4 - 250,49x_5 - 247,16x_6,$$

$$(60/40) I_{TOT} = 0,6I_1 + 0,4I_2 = -0,500x_1 - 149,63x_2 + 256,60x_3 - 19,35x_4 + 23,23x_5 + 24,50x_6$$

Были рассмотрены полученные индексные оценки хозяйственно полезных признаков хрячков и свиной породы ландрас с использованием сформированных уравнений селекционного индекса, включавших 6 изучаемых признаков. В таблице 6 представлены 10 свинок и хрячков, имевших наибольшие значения индексных оценок по каждому уравнению.

Таблица 6 - 10 лучших свинок и хрячков породы ландрас по ЕТИ

№ животного	Значение индекса 50/50	Значение индекса 60/40	Значение индекса 70/30
Свиньи			
1	131,0	114,4	98,1
2	129,0	113,4	98,0
3	128,9	113,0	97,4
4	143,5	120,3	97,5
5	137,2	117,3	97,6
6	131,3	114,0	97,0
7	133,5	115,6	98,1
8	131,1	114,3	97,8
9	151,2	123,4	96,1
10	142,7	119,7	97,1
Хряки			
1	107,9	110,3	112,8
2	104,1	105,4	106,6
3	101,8	102,3	102,9
4	103,0	104,0	104,9
5	104,9	106,5	108,0
6	103,8	105,1	106,3
7	110,2	113,3	116,4
8	105,3	106,9	108,5
9	109,8	112,8	115,8

10	102,3	103,0	103,7
----	-------	-------	-------

Как видно из таблицы с изменением соотношения селекционных весов у свинок наблюдается снижение значения селекционного индекса (ЕТИ), у хрячков же диаметрально противоположная ситуация – с увеличением доли селекционных весов признаков мясных качеств до 70% влечет увеличение индекса на 2-3 единицы.

Заклучение

При селекции по мясным качествам и качеству потомства наиболее целесообразно руководствоваться принципами отбора по комплексу признаков. Одним из самых удобных критериев селекционной работы является значение селекционного индекса. Полученные результаты указывают на спектр широких возможностей отбора и подбора животных в целях проведения той или иной стратегии племенной работы в СГЦ.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках проекта № 21-76-10038.

Funding

The study was carried out within the framework of project No. 21-76-10038.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Oldenbroek K. Textbook Animal Breeding: Animal Breeding and Genetics for BSc Students / K. Oldenbroek, L. van der Waaij. — Wageningen: Centre for Genetic Resources and Animal Breeding and Genomics Group; Wageningen University and Research Centre, 2014. — 311 p.
2. Zhang X. A new selection index percent emphasis method using subindex weights and genetic evaluation accuracy / X. Zhang, P. Amer // *Journal of Dairy Science*. — 2021. — Volume 104. — Issue 5. — p. 5827-5842. — DOI: 10.3168/jds.2020-19547
3. Jibrila I. Impact of genomic preselection on subsequent genetic evaluations with ssGBLUP using real data from pigs. / I. Jibrila, J. Vandenplas, J. ten Napel et al. // *Genetics Selection Evolution*. — 2022. — 48. — DOI: 10.1186/s12711-022-00727-5
4. Berry D.P. A breeding index to rank beef bulls for use on dairy females to maximize profit / D.P. Berry, P.R. Amer, R.D. Evans et al. // *Journal of Dairy Science*. — 2019. — Vol. 102. — Issue 11. — DOI: 10.3168/jds.2019-16912
5. Wellmann R. Selection index theory for populations under directional and stabilizing selection. / R. Wellmann // *Genetics Selection Evolution*. — 2023. — 55. — DOI: 10.1186/s12711-023-00776-4
6. Perucho L. Links between traits of interest and breeding practices: Several pathways for farmers' decision making processes. / L. Perucho, C. Ligda, J.-C. Paoli et al. // *Livestock Science*. — 2019. — Volume 220. — p. 158-165. — DOI: 10.1016/j.livsci.2018.12.017
7. Белоус А.А. Сравнительное исследование особенностей кормового поведения свиней пород ландрас и дюрок. / А.А. Белоус, Е.А. Требунских // *Достижения науки и техники АПК*. — 2021. — 35-10. — с. 60-65. — DOI: 10.53859/02352451_2021_35_10_61
8. Белоус А.А. Особенности кормового поведения хрячков породы ландрас в связи с фенотипической и генетической изменчивостью признаков. / А.А. Белоус, А.А. Сермягин, Е.А. Требунских и др. // *Свиноводство*. — 2021. — 6. — DOI: 10.37925/0039-713X-2021-6-9-13
9. Godinho R. Genetic correlations between feed efficiency traits, and growth performance and carcass traits in purebred and crossbred pigs. / R. Godinho, R. Bergsma, F. Silva et al. // *Journal of Animal Science*. — 2018. — 96. — DOI: 10.1093/jas/skx011
10. Abdollahi-Arpanahi R. Detecting effective starting point of genomic selection by divergent trends from best linear unbiased prediction and single-step genomic best linear unbiased prediction in pigs, beef cattle, and broilers / R. Abdollahi-Arpanahi, D. Lourenco, I. Misztal // *Journal of Animal Science*. — 2021. — Vol. 99. — 9. — p. 1-11. — DOI: 10.1093/jas/skab243
11. Kodak O. Historical overview of the selection indices applied in pig breeding. / O. Kodak, N. István // *Acta Agraria Kaposváriensis*. — 2019. — 23. — DOI: 10.31914/aak.2294
12. Контэ А.Ф. Оценка племенной ценности быков популяции черно-пестрого скота Московской области по типу телосложения их дочерей. / А.Ф. Контэ, И.Н. Янчуков, А.А. Сермягин и др. // *Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. — 2019. — 3. — с. 275-283. — DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-35

Список литературы на английском языке / References in English

1. Oldenbroek K. Textbook Animal Breeding: Animal Breeding and Genetics for BSc Students / K. Oldenbroek, L. van der Waaij. — Wageningen: Centre for Genetic Resources and Animal Breeding and Genomics Group; Wageningen University and Research Centre, 2014. — 311 p.

2. Zhang X. A new selection index percent emphasis method using subindex weights and genetic evaluation accuracy / X. Zhang, P. Amer // *Journal of Dairy Science*. — 2021. — Volume 104. — Issue 5. — p. 5827-5842. — DOI: 10.3168/jds.2020-19547
3. Jibrila I. Impact of genomic preselection on subsequent genetic evaluations with ssGBLUP using real data from pigs. / I. Jibrila, J. Vandenplas, J. ten Napel et al. // *Genetics Selection Evolution*. — 2022. — 48. — DOI: 10.1186/s12711-022-00727-5
4. Berry D.P. A breeding index to rank beef bulls for use on dairy females to maximize profit / D.P. Berry, P.R. Amer, R.D. Evans et al. // *Journal of Dairy Science*. — 2019. — Vol. 102. — Issue 11. — DOI: 10.3168/jds.2019-16912
5. Wellmann R. Selection index theory for populations under directional and stabilizing selection. / R. Wellmann // *Genetics Selection Evolution*. — 2023. — 55. — DOI: 10.1186/s12711-023-00776-4
6. Perucho L. Links between traits of interest and breeding practices: Several pathways for farmers' decision making processes. / L. Perucho, C. Ligda, J.-C. Paoli et al. // *Livestock Science*. — 2019. — Volume 220. — p. 158-165. — DOI: 10.1016/j.livsci.2018.12.017
7. Belous A.A. Sravnitel'noe issledovanie osobennostej kormovogo povedeniya svinej porod landras i dyurok [Comparative study of the feeding behavior of Landrace and Duroc pigs]. / A.A. Belous, E.A. Trebunskix // *Dostizheniya nauki i texniki APK [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex]*. — 2021. — 35-10. — p. 60-65. — DOI: 10.53859/02352451_2021_35_10_61 [in Russian]
8. Belous A.A. Osobennosti kormovogo povedeniya xryachkov породы landras v svyazi s fenotipicheskoy i geneticheskoy izmenchivost'yu priznakov [Peculiarities of Feeding Behavior of Landrace Boars in Connection with Phenotypic and Genetic Variability of Traits]. / A.A. Belous, A.A. Sermyagin, E.A. Trebunskix et al. // *Svinovodstvo [journal Pig breeding]*. — 2021. — 6. — DOI: 10.37925/0039-713X-2021-6-9-13 [in Russian]
9. Godinho R. Genetic correlations between feed efficiency traits, and growth performance and carcass traits in purebred and crossbred pigs. / R. Godinho, R. Bergsma, F. Silva et al. // *Journal of Animal Science*. — 2018. — 96. — DOI: 10.1093/jas/skx011
10. Abdollahi-Arpanahi R. Detecting effective starting point of genomic selection by divergent trends from best linear unbiased prediction and single-step genomic best linear unbiased prediction in pigs, beef cattle, and broilers / R. Abdollahi-Arpanahi, D. Lourenco, I. Misztal // *Journal of Animal Science*. — 2021. — Vol. 99. — 9. — p. 1-11. — DOI: 10.1093/jas/skab243
11. Kodak O. Historical overview of the selection indices applied in pig breeding. / O. Kodak, N. István // *Acta Agraria Kaposváriensis*. — 2019. — 23. — DOI: 10.31914/aak.2294
12. Konte' A.F. Ocenka plemennoj cennosti by'kov populyacii cherno-pestrogo skota Moskovskoj oblasti po tipu teloslozheniya ix docherej [Evaluation of the breeding value of bulls in the population of black-and-white cattle in the Moscow region according to the body type of their daughters]. / A.F. Konte', I.N. Yanchukov, A.A. Sermyagin et al. // *Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vy'sshee professional'noe obrazovanie [News of the Nizhnevolzhsk Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education]*. — 2019. — 3. — p. 275-283. — DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-35 [in Russian]