

коров в динамике лактаций / Л. М. Хмельничий, В. В. Вечёрка // Генетика и разведение животных. – 2014. – № 3. – С. 7-9.

17. Штеркель, С. Г. Связь линейной оценки типа с молочной продуктивностью коров / С. Г. Штеркель, И. А. Чистякова // Зоотехния. – 2002. – № 8. – С. 6-8.

18. Relationship of Linear Conformation Traits with Bodyweight, Body Condition Score and Milk yield in Friesian × Bunaji Cows / C. Alphonsus [et al.] // J. Appl. Anim. Res. – 2010. – Vol. 38. – P. 97-100.

19. Genetic and phenotypic relationships among locomotion type traits, profit, production, longevity, and fertility in Spanish dairy cows / M. A. Perez-Cabal [et al.] // J. Dairy Sci. – 2006. – Vol. 89. – P. 1776-1783.

Поступила 10.02.2020 г.

УДК 636.4.082:519.23(476)

Н.М. ХРАМЧЕНКО, А.В. РОМАНЕНКО

РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ СЕЛЕКЦИОНИРУЕМЫХ ПРИЗНАКОВ СВИНЕЙ БЕЛОРУССКОЙ ПОПУЛЯЦИИ

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

В статье приведён статистический анализ селекционируемых признаков популяции свиней Республики Беларусь, установлены популяционные показатели изменчивости, корреляции и наследуемости признаков собственной продуктивности и репродуктивных.

Ключевые слова: селекция, разведение, свиноматки, хряки-производители, наследуемость, корреляция, изменчивость.

N.M. HRAMCHENKO, A.V. ROMANENKO

RESULTS OF DATA STATISTICAL ANALYSIS OF BREEDING TRAITS OF PIGS OF BELARUSIAN POPULATION

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

The paper provides statistical analysis of breeding traits of pig population in the Republic of Belarus; population indicators of variability, correlation and heritability of self-performance and reproductive traits have been determined.

Keywords: breeding, rearing, sows, producing boars, heritability, correlation, variability.

Введение. Селекция животных преследует две основные цели: первая – определить, какое животное лучше, вторая – за счёт лучших животных улучшить популяцию в целом.

Самым простым способом определения лучшего животного на протяжении многих лет было измерение его фенотипа (P), то есть измерение селекционируемых признаков продуктивности. Для свиней это среднесуточный привес, толщина шпика, многоплодие и др. В животноводстве мы в основном занимаемся генетическим изменением популяции животных. Поэтому, с генетической точки зрения, нам интересны не самые лучшие фенотипы, а самые лучшие генотипы, так как именно генотип определяет, какой будет фенотип, и именно генетический материал передается от родителей потомству.

В упрощённом виде фенотип животного можно выразить $P = G + E$, где P – это фенотип, G – генотип, E – внешние эффекты, паратипические факторы [1].

Генотип – это совокупность генов, которые влияют на развитие конкретного селекционируемого признака, генотипы потомков – это то, что мы можем изменить при помощи методов разведения. Благоприятные изменения приведут к улучшению фенотипа. Важным аспектом при определении генотипа является то, что лучший генотип зависит от среды, в которой он выращивается: методов разведения, цен на продукцию и затрат на выращивание. Знание взаимодействия генотипа с другими компонентами системы необходимо, если мы хотим разработать разумные цели для программ разведения [2].

Однако цель разведения животных состоит не в генетическом улучшении отдельного индивидуума, а улучшении популяции в целом (улучшении будущих поколений). Селекция используется для долгосрочного генетического изменения продуктивных признаков у животных. Именно этот процесс определяет, каким особям становиться родителями, сколько потомков им произвести и как долго оставаться в племенной популяции.

В Беларуси в настоящее время используется простейшая форма селекции, при которой измерение признака у пробанда является единственной информацией, используемой при принятии решения о выборе животного для производства следующего поколения, – фенотипический отбор. В странах с развитым свиноводством с усовершенствованием информационных технологий, генетической оценки, геномного анализа и методологии определения племенной ценности селекционер не ограничивается использованием индивидуальной информацией, а привлекает информацию родителей, всех известных родственников или информацию о генах. Взаимосвязь между фенотипом и генетической ценностью очень важна, эта взаимосвязь называется наследуемостью [2, 3]. Когда наследуемость признака высокая, фенотип является хорошим показателем для использования в селекции и, следовательно, фенотипический отбор будет эффективным. Когда наследуемость низкая, по фенотипу невозможно определить племенную ценность и фе-

нотипический отбор будет неэффективен. Другими словами, наследуемость показывает долю генотипической изменчивости в общей фенотипической. Таким образом, без знания наследуемости селекционируемых признаков невозможно оценить эффективность проводимой селекции независимо от её формы.

Цель работы – определение фенотипических параметров белорусской популяции свиней (корреляция, изменчивость) и степени влияния генотипических и паратипических факторов (дисперсия) на продуктивные качества племенных свиней.

Задачи:

- формирование массива данных основных селекционируемых признаков популяции племенных свиней республики в разрезе пород. Выявление точек-выбросов;

- проведение разведочного анализа данных оценки фенотипа популяции племенных свиней республики, проверка однородности дисперсий;

- проверка нормальности распределения анализируемых данных;

- определение фенотипической взаимосвязи и изменчивости селекционируемых признаков популяции племенных свиней республики в разрезе пород;

- определение степени влияния паратипических и генотипических факторов на формирование продуктивных качеств свиней различного направления продуктивности.

Материал и методика исследований. Для формирования генетически связанной опытной популяции свиней в разрезе хозяйств, пород и периодов оценки использовались базы данных зоотехнического и племенного учёта отечественных производителей племенной продукции следующих хозяйств за всю историю их формирования: ГП «ЖодиноАгроплемэлита», КСУП «Селекционно-гибридный центр «Западный», к/х «Годрика Б.С.», СК репродуктор первого порядка «Рассошное», КФХ «Прибужское», УП «Полесье-Агроинвест», СПК «им. Черняховского», РУСП «Племзавод «Тимоново», СХ филиал «СГЦ «Заднепровский», ОАО «СГЦ «Заречье», ЗАО «Клевица», Брестская племстанция. В популяцию вошли свиньи пород: крупная белая, ландрас, йоркшир, дюрок и пьетрен отечественной и зарубежной селекции. Исследования проводились по следующим признакам продуктивности [4]: количество сосков, среднесуточный прирост от рождения до живой массы 100 кг, возраст достижения живой массы 100 кг, толщина шпика, высота длиннейшей мышцы спины, содержание постного мяса, многоплодие (всего, живых, скорректированное согласно положениям закона о племенном деле), масса гнезда при рождении, количество поросят к отъёму, средний вес поросят при отъёме, масса гнезда при отъёме.

Однородность групповых дисперсий является важным условием для применения дисперсионного анализа (ANOVA) и других линейных моделей регрессионного типа.

В общем виде *F-критерий Фишера*, или F-тест, используется для сравнения дисперсий двух нормально распределенных генеральных совокупностей, т. е. проверяется следующая нулевая гипотеза: $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$. Генеральные дисперсии оцениваются на основе выборок и сам критерий непосредственно рассчитывается как отношение одной выборочной дисперсии к другой: $F = s_1^2 / s_2^2$.

При выполнении F-теста и интерпретации получаемых с его помощью результатов важным условием являются следующие ограничения:

- сравниваемые совокупности должны быть нормально распределены;
- сравниваемые совокупности должны быть статистически независимыми [5].

Анализ данных проведен с использованием статистической среды R и MS Excel.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Сформирован массив данных собственной продуктивности молодняка свиней, включающий показатели оценки 16914 животных, из них 14520 самок и 2394 самца. Абсолютное большинство оцененных по собственной продуктивности животных относятся к породам йоркшир – 8439 голов, ландрас – 7402 голов и дюрок – 897 голов, что в совокупности составило 99,0 %, оставшиеся оценённые животные принадлежат крупной белой породе. По воспроизводительным качествам массив данных включает более 120 тысяч показателей опоросов свиноматок: белорусская мясная – 29113 опороса, белорусская чёрно-пёстрая – 1188, дюрок – 3287, йоркшир – 13731, крупная белая – 37083, ландрас – 36526, пьетрен – 20 опоросов.

Анализ диаграмм размаха выявил нетипичные значения (выбросы), а также факторы, неудовлетворяющие требованиям статистики. Установлено, что для определения фенотипических и генетических параметров белорусской популяции свиней по собственной продуктивности могут быть использованы только данные пород йоркшир, ландрас и дюрок, по воспроизводительным качествам свиноматок (количество поросят при рождении и многоплодие) в дальнейших исследованиях будут использованы все исследуемые породы с 1-го по 10-й опоросы за исключением породы пьетрен и данных опоросов свиноматок РУСП «Племзавод «Тимоново». Комплексный анализ показателей отъёма поросят возможен лишь на ограниченных данных по группе хозяйств, имеющих схожую технологию и занимающихся интенсивным разведением импортных пород животных.

Первым условием использования классического дисперсионного анализа является нормальность распределения. Одним из способов оценить нормальность является график плотности распределения.

На рисунках 1 и 2 представлены графики плотности распределения данных оценки признаков собственной продуктивности и репродуктивных признаков относительно теоретической функции плотности распределения при выборочных значениях параметров, которые позволяют оценить правдоподобность предположения о нормальном распределении величин признаков в популяции и в каких диапазонах анализируемой переменной наблюдаются отклонения.

Установлено, что все анализируемые признаки имеют нормальное распределение. Исключение составили возраст достижения живой массы 100 кг и высота мышцы, по которым наблюдалось незначительное смещение реальных данных от нормального распределения, однако отклонения незначительны. Не выявлено линейной зависимости остатков от предсказанных значений по всем исследуемым признакам, следовательно, учтённые факторы отражают всю закономерную изменчивость массива данных.

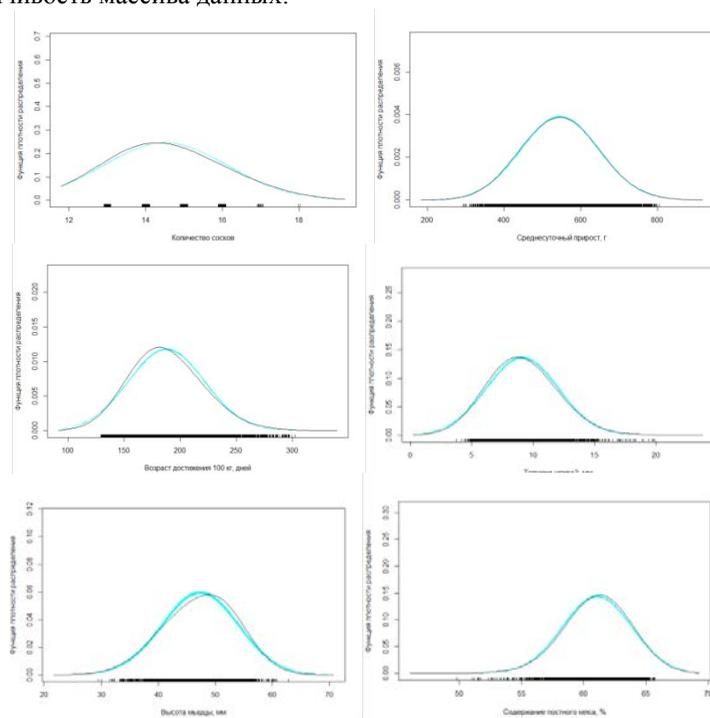


Рисунок 1 – Графики плотности распределения признаков собственной продуктивности свиней и теоретическая плотность нормального распределения

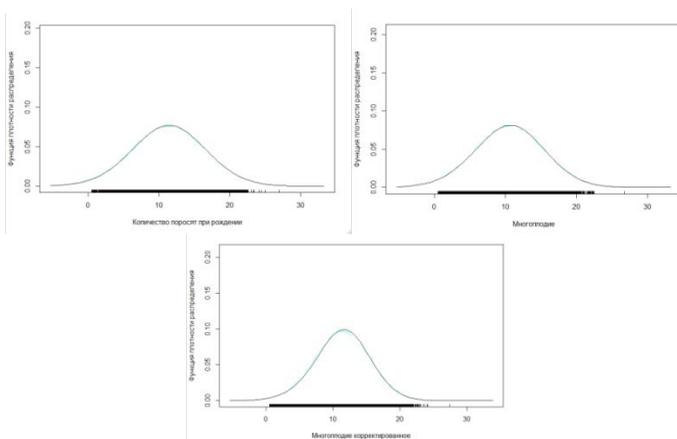


Рисунок 2 – Графики плотности распределения репродуктивных признаков и теоретическая плотность нормального распределения

На основе проведённого анализа распределения остатков опытной популяции установлено, что при последующей разработке оптимальных моделей прогнозирования развития селекционируемых признаков необходимо скорректировать массив данных: удалить данные, имеющие величины измерения признаков среднесуточного прироста, возраста достижения 100 кг и толщины шпика более двух квантилей, многоплодия и количества поросят при рождении – менее двух квантилей, количество сосков более и менее двух квантилей, массив данных по высоте мышцы оставить без изменения.

Анализ сформированного массива данных в разрезе пород показал, что животные отечественных пород практически не оцениваются по собственной продуктивности: белорусская мясная и белорусская чёрно-пёстрая – нет оценки, крупная белая – 145 животных, причём, оценены только лучшие животные и только по среднесуточному приросту, где 604,84 грамма – лучший средний по породам показатель данного признака. Таким образом, материнскими породами, на основе которых формируются популяционные значения, являются йоркшир и ландрас, имеющие оценку собственной продуктивности в ряде племенных хозяйств на уровне: среднесуточный прирост – 543,28-543,75 грамма, толщина шпика 2 – 9,02-9,30 мм, содержание постного мяса – 60,89-61,17 %.

По отцовским породам основной массив данных получен по породе дюрок, где средние показатели составили: среднесуточный прирост – 595,36 грамма, толщина шпика 2-7,66 мм, содержание постного мяса – 62,78 %. По породе пьетрен для влияния на средние значения и распределение показателей количество данных мало – 31 голова. Все жи-

вотные завезены по импорту и не разводятся в республике, в результате данные будут исключены из дальнейших исследований изменчивости и корреляции признаков собственной продуктивности.

По признакам собственной продуктивности установлено, что самыми низкими показателями изменчивости характеризовались животные породы дюрок (таблица 1): количество сосков – 0,16 шт., среднесуточный прирост – 72,55 грамма, возраст достижения живой массы 100 кг – 20,47 дня, толщина шпика – 1,29 и 1,24 мм, содержание постного мяса – 1,18 %. Это обусловлено малым числом животных, которые оценены преимущественно в одном хозяйстве, занимающемся разведением данной породы.

Таблица 1 – Стандартное отклонение (σ) признаков собственной продуктивности свиней

Порода	n	Количество сосков, шт.	Среднесуточный прирост от рождения до 100 кг, грамм	Возраст достижения ж.м. 100 кг, дней	Толщина шпика 1, мм	Толщина шпика 2, мм	Высота мыши, мм	Содержание постного мяса, %
Дюрок	897	0,16	72,55	20,47	1,29	1,24	-	1,18
Йоркшир	8439	0,91	82,11	27,65	2,34	2,11	5,15	1,91
Ландрас	7402	0,87	74,84	24,31	2,36	2,11	5,19	1,97
ВСЕ	16738	0,88	79,35	26,12	2,35	2,12	5,17	1,95

Показатели изменчивости признаков собственной продуктивности свиней по породам йоркшир и ландрас были выше: по среднесуточному приросту – на 9,56 и 2,29 грамма, по возрасту достижения живой массы 100 кг – на 7,18 и 3,84 дней, по толщине шпика 1 и 2 – на 1,05 и 1,07 и 0,87 мм соответственно, по содержанию постного мяса – на 0,73 и 0,79 %. Причём, изменчивость животных породы йоркшир по признакам среднесуточного прироста и возраста достижения живой массы 100 кг была выше породы ландрас и составила 82,1 грамма и 27,65 дня, по мясным качествам показатели изменчивости данных пород были близки по значениям.

Слабая корреляция установлена: между количеством сосков и среднесуточным приростом (-0,29) и (-0,31) и количеством сосков и возрастом достижения живой массы 100 кг – 0,36 и 0,38 по породам йоркшир и ландрас соответственно, а также по всем породам между

признаками среднесуточного прироста и толщины шпика 1 (-0,18)-(-0,28) и толщины шпика 1, 2 и высоты мышцы 0,12-0,36. Средний уровень взаимосвязи по всем породам отмечен между толщиной шпика 1 и толщиной шпика 2 (0,67-0,71). Высокая и очень высокая корреляция отмечена между признаками собственной продуктивности среднесуточный прирост и возраст достижения живой массы 100 кг (-0,95)-(-0,97), а также между толщиной шпика 1,2 и содержанием постного мяса в туше (-0,84)-(-0,94).

По другим комбинациям селекционируемых признаков собственной продуктивности уровень взаимосвязи был на очень низком уровне.

По репродуктивным признакам лучшими средними показателями характеризовались свиноматки пород йоркшир и ландрас: многоплодие всего – 12,53 и 11,72 голов, многоплодие живых – 11,09 и 10,91 голов, масса гнезда к отъёму – 96,4 и 100,78 кг соответственно. Промежуточное положение занимали свиноматки пород крупная белая и белорусская мясная. Самые низкие показатели отмечены у свиноматок пород белорусская чёрно-пёстрая и дюрок.

Анализ изменчивости репродуктивных признаков в разрезе пород показал (таблица 2), что по репродуктивным признакам не наблюдалось значительных межпородных колебаний стандартного отклонения, показатели которого были в пределах: многоплодие всего – 2,67-3,10 головы, многоплодие живых – 2,54-2,96 головы, многоплодие скорректированное – 2,51-2,86 головы, масса гнезда при рождении – 3,09-3,90 кг, количество поросят к отъёму – 0,60-1,39 головы, средняя масса поросёнка к отъёму – 0,84-1,33 кг и масса гнезда к отъёму – 9,72-19,88 кг. Исключение составили свиноматки породы йоркшир, у которых данные показатели составили: 3,59 головы, 3,37 головы, 3,33 головы, 4,77 кг, 1,90 голов, 1,61 и 23,43 кг соответственно, что выше показателей других пород в среднем на 12,16-68,42 %. Это, в первую очередь, вызвано тем, что порода йоркшир разводится в основном в хозяйствах, имеющих различные технологические особенности.

В целом, стоит отметить выровненность показателей изменчивости репродуктивных признаков вокруг среднего значения по исследуемой популяции, что, в первую очередь, обусловлено большим количеством опоросов по исследуемым породам.

Установлено, что признаки многоплодия (всего, живых, скорректированное) имеют высокую и очень высокую взаимосвязь – 0,82-0,99 по всем анализируемым породам, кроме белорусской чёрно-пёстрой породы, у которой взаимосвязь данных признаков была на среднем (ближе к высокому) уровне – 0,68-0,96. Также высокую взаимосвязь имели признаки многоплодия и массы гнезда при отъёме – 0,66-0,96.

Проведённый дисперсионный анализ исследуемых признаков показал, что все исследуемые факторы значимо влияли на фенотипическое

проявление признаков продуктивности. Так, по всем исследуемым фиксированным факторам нулевая гипотеза о равенстве средних была опровергнута, уровень значимости $P \leq 0,0001$, исключение составил фактор «пол» по признаку высота длиннейшей мышцы спины, по которому уровень значимости составил $P \leq 0,05$, а по фактору «порода» подтвердилась нулевая гипотеза о равенстве средних. Стоит отметить, что данный признак имел наименьшее количество наблюдений, также ввиду уменьшения доли использования прибора PigLog-105, при определении прижизненных мясных качеств использование признака высоты длиннейшей мышцы спины в селекции становится нецелесообразным.

Таблица 2 – Стандартное отклонение показателей репродуктивных признаков

Порода	n	Многоплодие, голов			Масса гнезда при рождении, кг	Кол-во поросят к отъёму, голов	Средняя масса поросят к отъёму, кг	Масса гнезда к отъёму, кг
		все-го	живых	корректированное				
БМ	29080	2,81	2,82	2,75	3,48	0,88	1,27	14,70
БЧП	1186	2,71	2,54	2,51	3,09	0,60	0,84	9,72
Дюрок	3284	2,67	2,70	2,56	3,75	1,39	1,18	19,88
Йоркшир	13705	3,59	3,37	3,33	4,77	1,90	1,61	23,43
КБ	35317	3,10	2,96	2,86	3,80	0,75	1,28	12,92
Ландрас	36432	2,93	2,77	2,72	3,90	1,38	1,33	18,29
ВСЕ	119004	3,08	2,94	2,88	3,93	1,23	1,41	17,64

Анализ наследуемости исследуемых признаков показал отсутствие изменчивости, обусловленной животными по признакам собственной продуктивности. Показатели наследуемости находились на близком к нулю уровне (0,00-0,07) (таблица 3), в то время как по показателям признака количество сосков и репродуктивным признакам соотношение вариантов имела величину близкую справочным значениям. Наследуемость количества сосков составила 0,26, показателей многоплодия 0,14-0,16.

Между признаками отъёма наблюдалась взаимосвязь от средней до высокой степени: так, между количеством поросят к отъёму и массой гнезда при отъёме она составила 0,47-0,74, между средней массой поросят к отъёму и массой гнезда к отъёму – 0,53-0,86. Взаимосвязи показателей репродуктивных признаков свиноматок, полученных при рождении и при отъёме, не установлено, что свидетельствует о проводимой стандартизации гнёзд, вызванной технологическими особенно-

стями выращивания племенных свиней.

Таблица 3 – Наследуемость селекционируемых признаков белорусской популяции свиней

Признак	σ_a	σ_e	σ_a^2	σ_e^2	h^2
КС	0,23	0,39	0,05	0,15	0,26
ССП	0,10	57,15	0,01	3266,47	0,00
ВД100	0,05	18,16	0,00	329,64	0,00
ТШ	0,13	1,82	0,02	3,30	0,01
ВМ	1,31	4,88	1,73	23,79	0,07
СПМ	0,39	1,56	0,15	2,45	0,06
КЖ	1,13	2,64	1,28	6,99	0,16
М	1,04	2,58	1,09	6,68	0,14
Мкор.	1,04	2,58	1,09	6,68	0,14

Определены фенотипические изменчивость и взаимосвязь селекционируемых признаков популяции свиней республики в разрезе пород. Установлено, что самыми низкими показателями изменчивости признаков собственной продуктивности характеризовались животные породы дюрок: количество сосков – 0,16 шт., среднесуточный прирост – 72,55 грамма, возраст достижения живой массы 100 кг – 20,47 дня, толщина шпика в точках 1 и 2 – 1,29 и 1,24 мм, содержание постного мяса – 1,18 %. Изменчивость показателей собственной продуктивности свиней пород йоркшир и ландрас была выше: по среднесуточному приросту – на 9,56 и 2,29 грамма, по возрасту достижения живой массы 100 кг – на 7,18 и 3,84 дней, по толщине шпика 1 и 2 – на 1,05 и 1,07 и 0,87 мм соответственно, по содержанию постного мяса – на 0,73 и 0,79 %.

Слабая корреляция установлена: между количеством сосков и среднесуточным приростом (-0,29) и (-0,31) и количеством сосков и возрастом достижения живой массы 100 кг – 0,36 и 0,38 по породам йоркшир и ландрас соответственно, а также по всем породам между признаками среднесуточного прироста и толщины шпика 1 (-0,18) (-0,28) и толщины шпика 1, 2 и высоты мышцы 0,12-0,36. Средний уровень взаимосвязи по всем породам отмечен между толщиной шпика 1 и толщиной шпика 2 (0,67-0,71). Высокая и очень высокая корреляция отмечена между среднесуточным приростом и возрастом достижения живой массы 100 кг – (-0,95)-(-0,97), а также между толщиной шпика 1,2 и содержанием постного мяса в туше (-0,84)-(-0,94). По другим комбинациям селекционируемых признаков собственной продуктивности уровень взаимосвязи был на очень низком уровне.

Установлено, что по репродуктивным признакам не наблюдалось значительных межпородных колебаний стандартного отклонения, по-

казатели которого были в пределах: многоплодие всего – 2,67-3,59 головы, многоплодие живых – 2,54-3,37 головы, многоплодие скорректированное – 2,51-3,33 головы, масса гнезда при рождении – 3,09-4,77 кг, количество поросят к отъёму – 0,60-1,90 головы, средняя масса пороёнка к отъёму – 0,84-1,61 кг и масса гнезда к отъёму – 9,72-23,43 кг.

Установлены значимые различия по всем исследуемым генотипическим и паратипическим факторам: уровень значимости составил $P \leq 0,0001$. Исключение составил фактор «пол» по признаку высота длиннейшей мышцы спины, по которому уровень значимости составил $P \leq 0,05$, а по фактору «порода» в данном признаке подтвердилась нулевая гипотеза о равенстве средних.

Установлено, что по признакам собственной продуктивности отсутствовала изменчивость, обусловленная генотипом животных, и показатели наследуемости находились на близком к нулю уровне (0,00-0,07), в то время как по количеству сосков и репродуктивным признакам наследуемость составила 0,26 и 0,14-0,16 соответственно.

Заключение. Установлено, что признаки многоплодия (всего, живых, скорректированное) имеют высокую и очень высокую взаимосвязь – 0,82-0,99 по всем анализируемым породам, кроме белорусской чёрно-пёстрой породы, у которой взаимосвязь данных признаков была на среднем (ближе к высокому) уровне – 0,68-0,96. Также высокую взаимосвязь имели признаки многоплодия и массы гнезда при отъёме – 0,66-0,96.

Литература

1. Кузнецов, В. М. Основы научных исследований в животноводстве / В. М. Кузнецов. – Киров : Зональный НИИСК Северо-Востока, 2006. – 568 с.
2. Design and optimization of animal breeding programmers / J. C. M. Dekkers, J. P. Gibson, P. Bijma, J. A. M. van Arendonk. – Iowa State University, 2005. – Access mode: <http://www.anslab.iastate.edu/Class/AnS652X/>
3. Schaeffer, L. R. Estimation of Variance Components in Animal Breeding / L. R. Schaeffer // Short Course, July 19-23. – Iowa State University, USA, 2004.
4. Зоотехнические правила о порядке определения продуктивности племенных животных, племенных стад, оценки фенотипических и генотипических признаков племенных животных : Постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия от 03.09.2013, № 44 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электрон. ресурс]. – 2003-2020. – Режим доступа: http://www.pravo.by/upload/docs/op/W21327858p_1380315600.pdf. – Дата доступа: 28.09.2013, 8/27858.
5. Мастицкий С.Э., Шитиков В.К. (2014) Статистический анализ и визуализация данных с помощью R. – Электронная книга, адрес доступа: <http://r-analytics.blogspot.com>.

Поступила 18.03.2020 г.