

DOI:10.31677/2072-6724-2022-63-2-104-112

УДК 636.02; 636.082.252

ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СВИНОМАТОК МИНИ-СВИНЕЙ ИЦиГ СО РАН ИЗ РАЗНЫХ СЕМЕЙСТВ

¹**К.С. Шатохин**, кандидат биологических наук

²**С.В. Никитин**, кандидат биологических наук

¹**Н.Н. Кочнев**, доктор биологических наук, профессор

²**В.И. Запорожец**, зоотехник

²**Е.В. Коршунова**, старший лаборант

³**В.И. Ермолаев**, доктор биологических наук

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН, Новосибирск, Россия

³Частное лицо

E-mail: true_genetic@mail.ru

Ключевые слова: семейства свиноматок, лабораторные мини-свиньи, ИЦиГ СО РАН, живая масса, многоплодие, сохранность, сельское хозяйство.

Реферат. Актуальность настоящей работы обусловлена практически полным отсутствием в научной литературе информации о существовании различий между семействами свиноматок в стадах лабораторных мини-свиной. Цель исследований заключается в установлении наличия либо отсутствия различий между свиноматками мини-свиной ИЦиГ СО РАН по воспроизводительным особенностям. В качестве критериев различия были выбраны: масса новорождённого поросёнка, масса поросёнка в месячном возрасте, масса свиноматок на 5-й день после опороса, количество поросят в гнезде и их сохранность от 0 до 30 и от 6 до 30 дней от роду. Исследования выполнены по записям зоотехнического учёта мини-свиной ИЦиГ СО РАН (2013–2020 гг.), включающим в себя информацию о 2315 новорождённых и 622 месячных поросятах из 311 гнёзд от 135 разновозрастных свиноматок. Генеалогическая структура стада представлена тремя семействами: КБ1902, КБ1906 и КБ1910. Исследования показали наличие различий между всеми тремя семействами по массе новорождённого поросёнка, что подтверждается критерием Краскела-Уоллиса (57,57***). По возрастному составу свиноматок, их многоплодию и сохранности потомства различий не обнаружено. По массе поросёнка в месячном возрасте и массе свиноматок на 5-й день после опороса установление достоверности различий должно подлежать дополнительной проверке. Ранжирование признака показало, что среди потомства свиноматок КБ1902 и КБ1906 преобладающими по численности оказались потомки с живой массой 601–700 г, а в семействе КБ1910 – 701–800 г. Основной причиной различий между семействами свиноматок по крупноплодности представляется наследственность.

REPRODUCTIVE PECULIARITIES OF SOWS MINI-PIGS OF THE INSTITUTE OF CYTOLOGY AND GENETICS OF THE SB RAS FROM DIFFERENT FAMILIES

¹**K.S. Shatokhin**, Ph.D. in Biological Sciences

²**S.V. Nikitin**, Ph.D. in Biological Sciences

¹**N.N. Kochnev**, Doctor of Biological Sciences, Professor

²**V.I. Zaporozhets**, Livestock Specialist

²**E.V. Korshunova**, Senior Assistant

³**V.I. Ermolaev**, Doctor of Biological Sciences

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

³Private person

E-mail: true_genetic@mail.ru

Keywords: families of sows, laboratory mini-pigs, ICG SB RAS, live weight, multiple pregnancies, safety, agriculture.

Abstract. The relevance of this work lies in the lack of information in the scientific literature on the existence

of differences between sow families in herds of laboratory mini-pigs. The study aims to establish whether or not there are differences between the reproductive traits of the sows of the mini-sows of IC&G SB RAS. The following criteria were selected as difference criteria: newborn piglet weight, piglet weight at one month of age, sow weight on day 5 after farrowing, number of piglets in the nest, and their survival from 0 to 30 and from 6 to 30 days of age. The study was based on the zootechnical record of the mini-pigs of the IGCC SB RAS (2013-2020), which included information on 2315 newborn and 622-month-old piglets from 311 clutches of 135 sows of different ages. The genealogical structure of the herd is represented by three families: KB1902, KB1906, and KB1910. The study showed differences between all three families in terms of newborn piglet weight, as evidenced by the Kruskal-Wallis test (57.57***). The authors found no differences in the age composition of the sows, their multiple births, and the survival of the offspring. For piglet weight at one month of age and sow weight at day 5 post farrowing, establishing the validity of the differences must be further tested. The trait ranking showed that in the progeny of sows KB1902 and KB1906 the predominant sows had a live weight of 601-700g, but in the KB1910 family, the progeny had a live weight of 701-800g. The main reason for the differences between sow families in terms of largeness appears to be heredity.

Семейства свиноматок рассматривались как довольно значимый структурный элемент породы, пусть и уступающий линиям [1]. Показано, что генотип и интерьер матери являются весьма существенными факторами детерминации крупноплодности и числа поросят в гнезде [2, 3]. Поведение свиноматки и её молочность являются факторами роста и сохранности потомства в подсосный период [4, 5]. Характерные особенности наиболее распространённых семейств подробно описаны практически для каждой из основных пород [6].

Несмотря на значимость лабораторных мини-свиней как медико-биологического объекта [7, 8], вопросы их разведения и селекции изучены относительно слабо [9]. Например, не удалось обнаружить описание генеалогических и хозяйственных особенностей семейств свиноматок у большинства селекционных групп. Исключениями являются отечественные мини-свиньи: светлогорские и мини-свиньи ИЦиГ СО РАН [10, 11]. Считается, что из-за близкого родства животных репродуктивной группы линии и семейства лабораторных мини-свиней могут считаться лишь сугубо генеалогическими формациями [10]. Однако в условиях низкой гетерозиготности стада различия могут быть обеспечены генами, не оказывающими существенного эффекта в изменчивости признака в условиях многочисленных популяций и высокого генетического разнообразия [12–14]. Генетическим агентом, детерминирующим различия между семействами свиноматок по некоторым признакам, может быть митохондриальная ДНК. В экспериментах на свиньях показано, что мутации митохондриальных генов имеют сцепления с плодовитостью свиноматок, среднесуточным приростом и адаптивной способностью [15–17].

Внутри отечественных селекционных групп были установлены различия между

представителями разных генеалогических линий по живой массе взрослых особей и показателям воспроизводства [11, 18]. На примере мини-свиней ИЦиГ СО РАН была показана значимость подбора родительских пар между грациями категориального фактора «линия–семейство» по живой массе новорождённого поросёнка [19]. Следовательно, некоторые различия между семействами свиноматок лабораторных мини-свиней могут быть обнаружены. Целью настоящей работы является сравнение семейств свиноматок мини-свиней ИЦиГ СО РАН по живой массе поросят (при рождении и в месячном возрасте), массе свиноматок на 5-й день после опороса, многоплодию и сохранности потомства.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены по записям зоотехнического учёта мини-свиней ИЦиГ СО РАН (2013–2020 гг.), включающим в себя информацию о 2315 новорождённых и 622 месячных поросятах из 311 гнёзд от 135 разновозрастных свиноматок. О происхождении и особенностях разведения селекционной группы, условиях содержания и кормления животных написано ранее [7, 10, 13]. Численность репродуктивной группы в течение всего периода наблюдений составляла 30–40 свиноматок и 12–15 хряков. На сегодняшний день генеалогическая структура стада включает в себя три семейства, ведущие начало от свиноматок крупной белой породы и названные по номерам родоначальниц: KB1902, KB1906 и KB1910 [7, 10]. Характерной особенностью мини-свиней ИЦиГ СО РАН является отсутствие признаков инбредной депрессии при генетическом сходстве между животными репродуктивной группы 90–100 % [10, 20, 21].

В качестве критериев различия между свиноматками семейств КБ1902, КБ1906 и КБ1910 были выбраны: масса новорождённого поросёнка (крупноплодность), масса поросёнка в месячном возрасте, масса свиноматок на 5-й день после опороса, количество поросят в гнезде (многоплодие) и их сохранность от 0 до 30 и от 6 до 30 дней от роду. Обработка первичных данных осуществлялась методами описательной статистики согласно рекомендациям, сравнение признаков проводилось при помощи двухфакторного критерия Стьюдента [22]. При множественных (≥ 3) сравнениях вероятность ложноположительного результата оценивали, используя поправку Бонферрони [23]. Значимость воздействия группирующего фактора «семейство» на развитие воспроизводительных качеств определяли при помощи теста Краскела-Уоллиса [22, 24]. Достоверность взаимосвязи между признаками определяли с помощью коэффициента корреляции Спирмена [22].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнение средних значений показало, что между свиноматками мини-свиней ИЦиГ СО РАН из разных семейств не было обнаружено статистически достоверных различий по многоплодию и сохранности. При этом обращает на себя внимание превосходство свиноматок семейства КБ1910 над представительницами других семейств по средним значениям сохранности потомства на 7,3–9,1 % (табл. 1). Сравнение живой массы поросят в месячном возрасте показало неоднозначные результаты. Сопоставление с помощью критерия Стьюдента показывает отсутствие существенных различий между средними значениями, однако результаты теста Краскела-Уоллиса (рис. 1) указывают на значимость семейства свиноматок как категориального фактора массы их потомков в месячном возрасте. Таким образом, для установления значимости эффекта предиктора «семейство свиноматок» на значение массы поросят в месячном возрасте в стаде мини-свиней ИЦиГ СО РАН требуются дополнительные исследования.

Таблица 1

Критерии описательной статистики воспроизводительных качеств свиноматок мини-свиней ИЦиГ СО РАН из разных семейств
Criteria for descriptive statistics of reproductive qualities of sows of mini-pigs of ICG SB RAS from different families

Признак	Критерий	КБ1902	КБ1906	КБ1910
1	2	3	4	5
Крупноплодность, г	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	699,00 ± 4,59	684,31 ± 4,24	771,06 ± 10,79
	n	1010	1089	216
	Q1 - Q3	600 – 800	600 – 750	650 – 870
	Sx	145,78	140,04	158,50
Живая масса поросёнка в 1 мес, кг	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	3,53 ± 0,05	3,12 ± 0,05	3,36 ± 0,11
	n	299	270	53
	Q1 - Q3	3,0 – 4,0	2,7 – 3,5	2,6 – 4,0
	Sx	0,83	0,83	0,83
Многоплодие	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	6,63 ± 0,18	6,83 ± 0,22	6,54 ± 0,22
	n	143	140	28
	Q1 - Q3	5,0 – 8,0	5,0 – 8,0	5,5 – 8,0
	Sx	2,14	2,57	1,95
Сохранность 0-30 дней, %	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	75,71 ± 2,35	73,88 ± 2,46	82,98 ± 5,25
	n	143	140	28
	Q1 - Q3	60 – 100	60 – 100	69 – 100
	Sx	28,13	29,06	27,79

1	2	3	4	5
Сохранность 6-30 дней, %	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	87,20 ± 2,16	85,13 ± 2,37	93,50 ± 3,79
	n	143	140	28
	Q1 - Q3	83 – 100	80 – 100	100 – 100
	S _x	25,88	28,06	20,03
Живая масса матери на 5-й день после опороса, кг	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	61,50 ± 1,46	56,73 ± 1,37	62,97 ± 2,94
	n	103	96	24
	Q1- Q3	53,00 – 70,00	48,50 – 65,00	52,25 – 69,75
	S _x	14,87	13,38	14,38

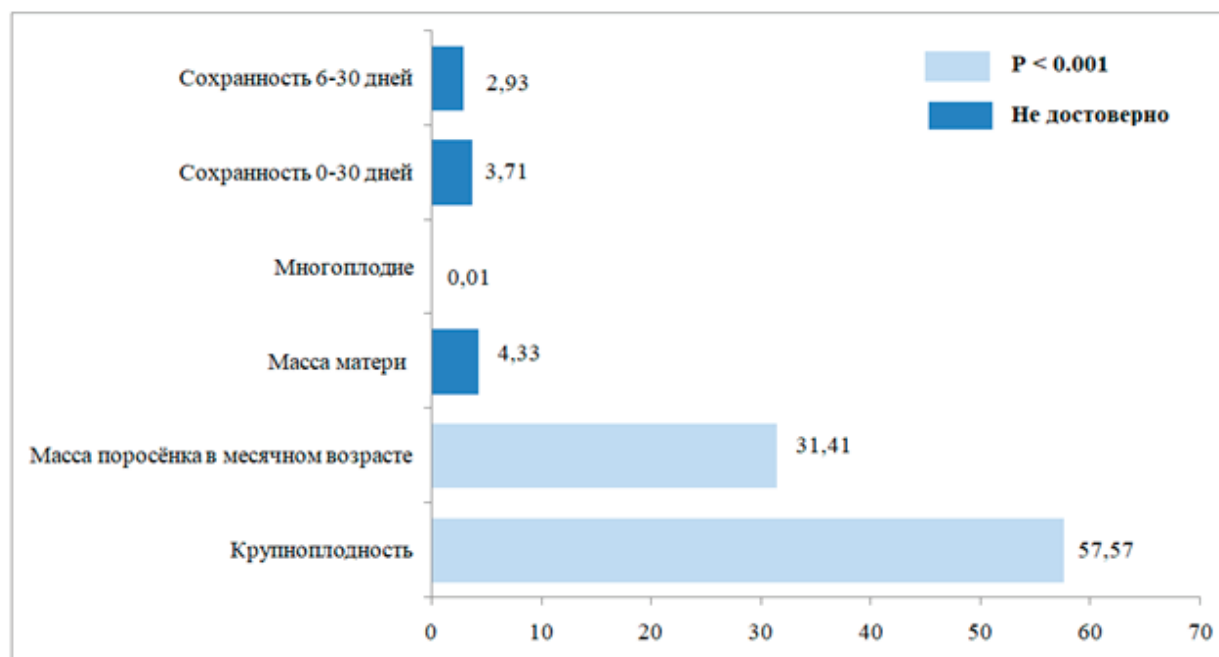


Рис. 1. Значимость семейства свиноматок как предиктора признаков воспроизводства мини-свиней ИЦиГ СО РАН, выраженная критерием Краскела-Уоллиса

Fig. 1 Significance of the family of sows as a predictor of signs of reproduction of mini-pigs ICG SB RAS, expressed by the Kruskal-Walli's criterion

Было обнаружено влияние семейства матери как категориального фактора на массу новорождённого поросёнка (см. рис. 1). Значения критерия Стьюдента указывают на достоверные различия между потомками каждого из семейств (КБ1902/КБ1906 = 2,351*; КБ1902/КБ1910 = 6,147***; КБ1906/КБ1910 = 7,483***). Вероятность ложноположительного результата, выраженная через поправку Бонферрони, не превысила 2,49%. Таким образом, имеет смысл проанализировать возможные причины различий между семействами по крупноплодности. Среди них разница по живой массе матерей на 5-й день после опороса, которая, в свою очередь, может быть следствием генетической компонен-

ты, ответственной за массу взрослых особей, либо систематического использования более молодых (а значит, более мелких) или более старых свиноматок. Различия по массе матерей наблюдались только между представительницами семейств КБ1902 и КБ1906 (см. табл. 1). Фактор «семейство» оказался незначимым для зависимого признака «живая масса матери на 5-й день после опороса» (см. рис. 1). Таким образом, для установления различий между семействами по данному признаку требуются дополнительные исследования. Сравнение распределения возрастов свиноматок с помощью критерия Стьюдента показало отсутствие достоверной разницы (табл. 2), следовательно, нельзя утверждать о система-

тическом использовании в каком-либо семействе более молодых или более старых особей, а значит, маловероятно, что различия между

семействами по массе новорождённого поросёнка обусловлены именно этим фактором.

Таблица 2

Возрастной состав свиноматок каждого семейства
Age composition of sows of each family

Показатель	Семейство	Порядковый номер опороса			
		1-й	2-й	3-й	4-й и старше
Доля особей (p ±Sp), %	КБ1902	28,67±3,78	20,28±3,36	12,59±2,77	38,46±4,07
	КБ1906	35,00±4,03	20,71±3,43	12,86±2,83	31,43±3,92
	КБ1910	25,00±8,18	14,29±6,61	14,29±6,61	46,43±9,42
Достоверность различий, t _r	КБ1902/КБ1906	1,14	0,09	0,07	1,24
	КБ1902/КБ1910	0,41	0,81	0,24	0,78
	КБ1906/КБ1910	1,10	0,86	0,20	1,47
Поправочный коэффициент Бонферрони	КБ1902/КБ1906	0,095	0,008	0,006	0,103
	КБ1902/КБ1910	0,034	0,068	0,020	0,065
	КБ1906/КБ1910	0,092	0,072	0,017	0,123

В течение всего периода наблюдений существенных изменений условий кормления и содержания не отмечалось, а достоверность разницы в возрастном составе семейств и массе свиноматок на 5-й день после опороса доказать не удалось. Следовательно, наиболее вероятной причиной различия свиноматок мини-свиней ИЦиГ СО РАН по крупноплодности является генетическая компонента изменчивости признака, причём её реализация затрагивает непосредственно массу новорождённого поросёнка. Зависимость массы поросёнка при рождении от аналогичного показателя

его матери визуализируется на диаграмме рассеяния (рис. 2) и подтверждается коэффициентом корреляции Спирмена ($r = 0,255^{***}$), что соответствует литературным данным [25]. При условии генетического сходства между особями племенного ядра порядка 90–100% [10] логично предположить что причиной различий являются одна или несколько мутаций в митохондриальной ДНК. Подтвердить или опровергнуть это возможно только после проведения молекулярно-генетического типирования.

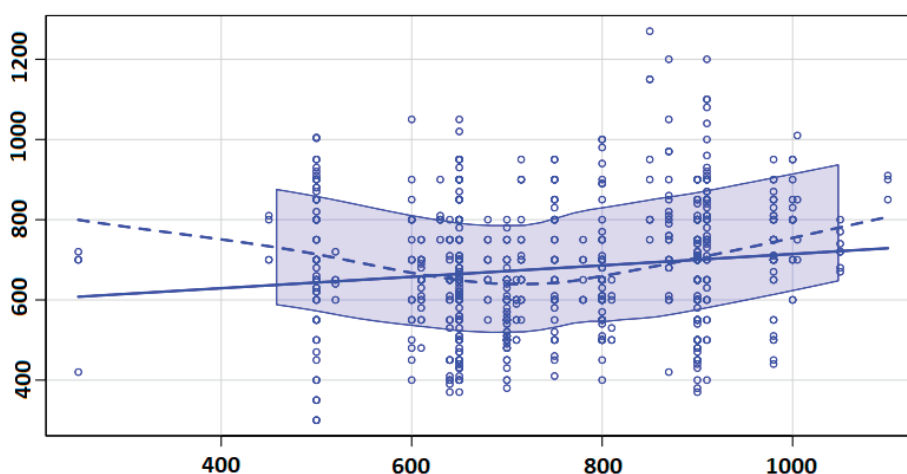


Рис. 2. Влияние живой массы матери при рождении (ось x, г) на массу новорождённого поросёнка (ось y, г)

Fig. 2. Influence of mother's live weight at birth (x-axis, g) on the weight of a newborn piglet (y-axis, g)

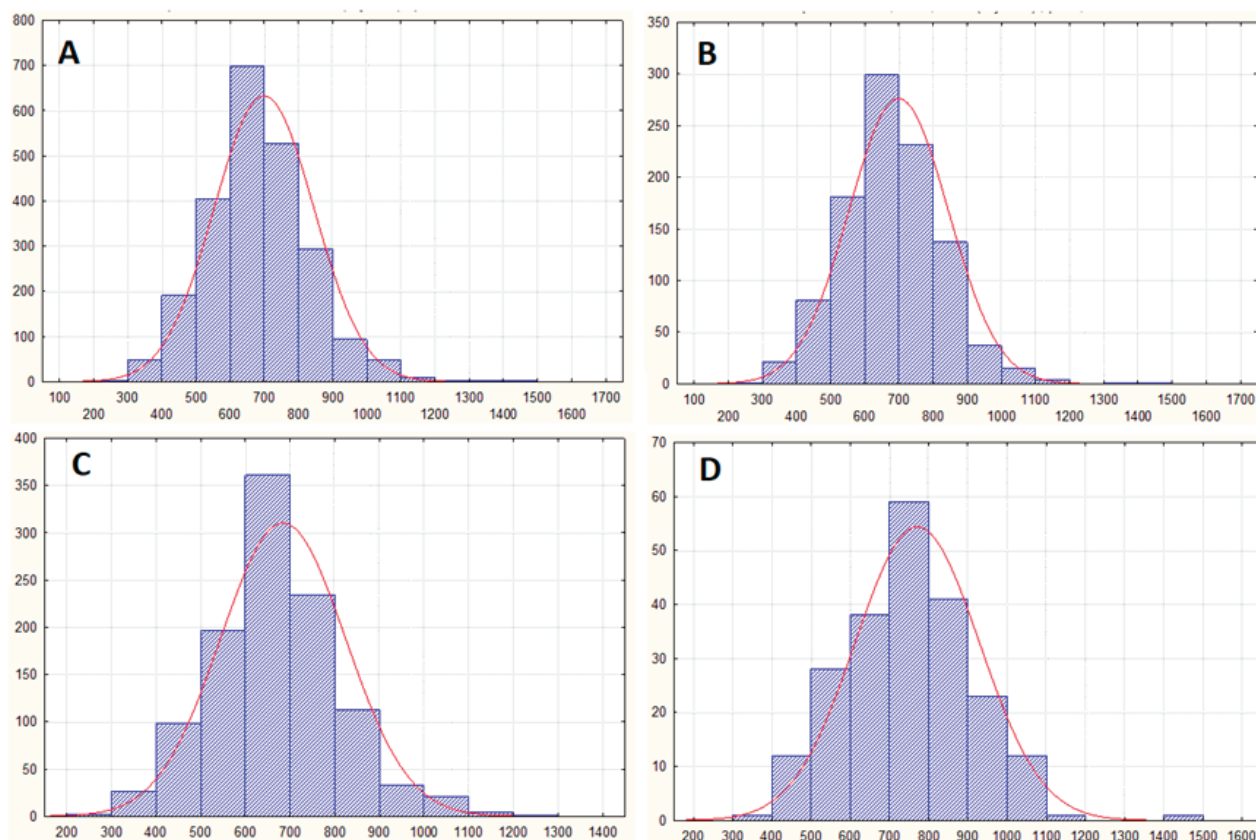


Рис. 3. Ранжирование живой массы при рождении в зависимости от семейства. Ось x – живая масса новорождённого поросёнка (г), ось y – число особей. А – в целом по стаду; В – КВ1902, С – КВ1906, D – КВ1910

Fig. 3. Ranking of live weight at birth by family. The x -axis is the live weight of the newborn piglet (g), and the y -axis is the number of individuals. A – total herd; B - KB1902, C - KB1906, D - KB1910

Ранжирование признака показало, что среди потомства свиноматок КВ1902 (рис. 3, В) и КВ1906 (см. рис. 3, С) преобладающими по численности оказались потомки с живой массой 601–700 г, а в семействе КВ1910 – 701–800 г (см. рис. 3, D). Это действительно может указывать на наличие одной или нескольких мутаций, локализованных, вероятнее всего, в митохондриальной ДНК, что и стало причиной смещения крупноплодности свиноматок семейства КВ1910 в сторону увеличения. Однако для подтверждения данной гипотезы необходим структурный анализ митохондриальной ДНК, ассоциированный с оценкой по крупноплодности.

ВЫВОДЫ

1. Между семействами свиноматок в стаде мини-свиней ИЦиГ СО РАН не выявлено до-

стоверных различий по возрастному составу матерей, их многоплодию и сохранности потомства. Значимость предиктора «семейство» для массы поросёнка в месячном возрасте и массы матери на 5-й день после опороса нуждается в дополнительной проверке.

2. Ранжирование крупноплодности показало, что в семействах КВ1902 и КВ1906 наиболее многочисленными оказались поросята массой 601–700 г, а в семействе КВ1910 – 701–800 г.

3. Предыдущий довод указывает на наследственность в качестве основной причины различий семейств свиноматок по крупноплодности, что дополнительно подтверждается коэффициентом корреляции Спирмена ($r = 0,255^{***}$) между массой матерей и их потомков при рождении. Значимость фактора «семейство» для зависимого признака «крупноплодность» доказана критерием Краскела-Уоллиса ($57,57^{***}$).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бекенёв В.А. Пути совершенствования генофонда свиней Российской Федерации // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – № 22(8). – С. 912–921. – DOI: 10.18699/VJ18.433.
2. Никитин С.В., Князев С.П., Ермолаев В.И. Роль условий среды пренатального роста плодов в формировании массы новорожденной особи у домашних свиней // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – № 21(5). – С. 569–575.
3. An association analysis of sow parity, live-weight and back-fat depth as indicators of sow productivity / A. Lavery, P.G. Lawlor, E. Magowan [et al.] // *Animal*. – 2019. – Vol. 13, N 3. – P. 622–630.
4. Мониторинг и реализация информационных ресурсов племенного свиноводства Западной Сибири / В.Н. Деметьев, В.А. Бекенёв, В.В. Гарт [и др.] // Вестник НГАУ. – 2019. – № (1). – С. 101–109. – DOI: 10.31677/2072-6724-2019-50-1-101-109.
5. The Effect of Sows' and Piglets' Behaviour on Piglet Crushing Patterns in Two Different Farming Pen Systems / T. Nicolaisen, E. Lühken, N. Volkmann [et al.] // *Animals (Basel)*. – 2019. – Vol. 9, N 8. – P. 538. – DOI: 10.3390/ani9080538.
6. Кабанов В.Д., Терентьева А.С. Породы свиней. – М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
7. Зоотехнические, физиологические и генетические особенности мини-свиней ИЦиГ СО РАН: монография / К.С. Шатохин, С.В. Никитин, С.П. Князев [и др.]. – Новосибирск: Изд-во СФНЦА РАН, 2019. – 192 с.
8. Marchant J.N., Herskin M. Pigs as laboratory animals // *Advances in Pig Welfare*. – 2018. – P. 445–475. – DOI:10.1016/B978-0-08-101012-9.00015-0.
9. Shatokhin K.S. Problems of mini-pig breeding. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii* // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. – 2021. – Vol. 25, N 3. – P. 284–291. – DOI: 10.18699/VJ21.032.
10. Разведение и селекция мини-свиней ИЦиГ СО РАН / С.В. Никитин, С.П. Князев, К.С. Шатохин [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – № 22(8). – С. 922–930.
11. Станкова Н.В., Савина М.А., Капанадзе Г.Д. Формирование новых линий светлогорских мини-свиней // *Биомедицина*. – 2017. – № 3. – С. 95–101.
12. Никитин С.В., Князев С.П. Отбор и адаптация в популяциях домашних свиней. – LambertAcademyPublishing, 2015. – 228 с.
13. Bomba L., Walter K., Soranzo N. The impact of rare and low-frequency genetic variants in common disease // *Genome Biol*. – 2017. – Vol. 18, N 1. – P. 77. – DOI: 10.1186/s13059-017-1212-4.
14. Gonzalez-Bosquet J., Chanock S.J. Basic principles and laboratory analysis of genetic variation // *IARC Sci Publ*. – 2011. – Vol. 163. – P. 99–120.
15. Detecting mitochondrial signatures of selection in wild Tibetan pigs and domesticated pigs / M. Li, L. Jin, J. Ma [et al.] // *Mitochondrial DNA: Part A*. – 2016. – Vol. 27, N 1. – P. 747–752. – DOI: 10.3109/19401736.2014.913169.
16. St John J.C., Tsai T.S. The association of mitochondrial DNA haplotypes and phenotypic traits in pigs // *BMC Genet*. – 2018. – Vol. 19, N 1. – P. 41. – DOI 10.1186/s12863-018-0629-4.
17. Polymorphism of mitochondrial tRNA genes associated with the number of pigs born alive / D. Wang, C. Ning, H. Xiang [et al.] // *J Anim Sci Biotechnol*. – 2018. – Vol. 9. – P. 86. – DOI :10.1186/s40104-018-0299-0.
18. Y chromosome effect on prenatal live weight growth of laboratory minipigs. International Scientific and Practical Conference “From inertia to develop: research and innovation support to agriculture” / K. Shatokhin, S. Nikitin, S. Knyazev [et al.] // *E3S Web Conf*. – 2020. – Vol. 176. – P. 01003. – DOI: 10.1051/e3sconf/202017601003.
19. Подбор в разведении лабораторных мини-свиней / К.С. Шатохин, С.В. Никитин, В.И. Запорожец [и др.] // *АПК России*. – 2021. – Vol. 28, N 2. – P. 283–288.
20. Влияние степени инбридинга на воспроизводительные особенности мини-свиней / К.С. Шатохин, С.В. Никитин, В.И. Запорожец [и др.] // Сборник VIII Международной научно-практической конференции «Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых», посвященной 50-летию создания Совета молодых ученых СО ВАСХ-НИЛ. СФНЦА РАН., 24 марта 2021 г. – Краснообск, 2021 – С. 177–181.

21. *Отсутствие инбредной депрессии в стаде мини-свиней ИЦиГ СО РАН / К.С. Шатохин, С.В. Никитин, Н.Н. Кочнев [и др.] // Сборник научно-практической конференции преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов НГАУ «Актуальные проблемы агропромышленного комплекса», 20 октября 2021 г. – Новосибирск, 2021. – С. 502–506.*
22. *Glantz S.A. Primer of Biostatistics // 5th ed. McGraw-Hill. –New York, US. – 2001.*
23. *Bland J.M., Altman D.G. Multiple significance tests: the Bonferroni method // BMJ. – 1995. – Vol. 310, N 6973. – P. 710. – DOI: 10.1136/bmj.310.6973.170.*
24. *McDonald J.H. Handbook of Biological Statistics (3rd ed.). – Sparky House Publishing, Baltimore, Maryland, 2014. – <http://www.biostathandbook.com/permissions.html>.*
25. *Holt B., Bakken M., Vangen O. Genetic correlation between reproduction and production traits in swine // J. Anim. Sci. – 2004. – Vol. 82. – P. 3458–3464.*

REFERENCES

1. Bekenev V.A., *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii*, 2018, No. 22 (8), pp. 912–921, DOI 10.18699/VJ18.433. (In Russ.)
2. Nikitin S.V., Knyazev S.P., Ermolaev V.I., *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii*, 2017, No. 21 (5), pp. 569–575. (In Russ.)
3. Lavery A., Lawlor P.G., Magowan E., Miller H.M., O’Driscoll K., Berry D.P., An association analysis of sow parity, live-weight and back-fat depth as indicators of sow productivity, *Animal*, 2019, Vol. 13, No. 3, pp. 622–630.
4. Dement’ev V.N., Bekenev V.A., Gart V.V., Marenkov V.G., Nezavitin A.G., *Vestnik NGAU*, 2019, No. 1, pp. 101–109, DOI 10.31677/2072-6724-2019-50-1-101-109. (In Russ.)
5. Nicolaisen T., Lühken E., Volkmann N., Rohn K., Kemper N., Fels M., The Effect of Sows’ and Piglets’ Behaviour on Piglet Crushing Patterns in Two Different Farrowing Pen Systems, *Animals (Basel)*, 2019, Vol. 9, No. 8, pp. 538, DOI 10.3390/ani9080538.
6. Kabanov V.D., Ternt’eva A.S., *Porody svinei* (Breeds of pigs), Moskow: Agropromizdat, 1985, 336 p.
7. Shatokhin K.S., Nikitin S.V., Knyazev S.P., Goncharenko G.M., Ermolaev V.I., Zaporozhets V.I., *Zootekhicheskie, fiziologicheskie i geneticheskie osobennosti mini-svinei ITsiG SO RAN* (Livestock, physiology and genetic of the mini-pigs of Institute of Cytology and Genetics), Novosibirsk, 2019, 192 p.
8. Marchant J.N., Herskin M., Pigs as laboratory animals, *Advances in Pig Welfare*, 2018, pp. 445–475, DOI:10.1016/B978-0-08-101012-9.00015-0.
9. Shatokhin K.S., Problems of mini-pig breeding. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii, Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2021, Vol. 25, No. 3, pp. 284–291, DOI 10.18699/VJ21.032.
10. Nikitin S.V., Knyazev S.P., Shatokhin K.S., Zaporozhets V.I., Ermolaev V.I., *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii*, 2018, No. 22 (8), pp. 922–930, DOI 10.18699/VJ18.434. (In Russ.)
11. Stankova N.V., Savina M.A., Kapanadze G.D., *Biomeditsina*, 2017, No. 3, pp. 95–101. (In Russ.)
12. Nikitin S.V., Knyazev S.P., *Otbor i adaptatsiya v populyatsiyakh domashnikh svinei* (Selection and adaptation in domestic pig populations), Lambert Academy Publishing, 2015, 228 p.
13. Bomba L., Walter K., Soranzo N., The impact of rare and low-frequency genetic variants in common disease, *Genome Biol.*, 2017, Vol. 18, No. 1, pp. 77, DOI 10.1186/s13059-017-1212-4.
14. Gonzalez-Bosquet J., Chanock S.J., Basic principles and laboratory analysis of genetic variation, *IARC Sci Publ.*, 2011, Vol. 163, pp. 99–120.
15. Li M., Jin L., Ma J., Tian S., Li R., Li X., Detecting mitochondrial signatures of selection in wild Tibetan pigs and domesticated pigs, *Mitochondrial DNA: Part A*, 2016, Vol. 27, No. 1, pp. 747–752, DOI 10.3109/19401736.2014.913169.
16. St John J.C., Tsai T.S., The association of mitochondrial DNA haplotypes and phenotypic traits in pigs, *BMC Genet.*, 2018, Vol. 19, No. 1, pp. 41, DOI 10.1186/s12863-018-0629-4.
17. Wang D., Ning C., Xiang H., Zheng X., Kong M., Yin T., Liu J., Zhao X., Polymorphism of mitochondrial tRNA genes associated with the number of pigs born alive, *J Anim Sci Biotechnol.*, 2018, Vol. 9, pp. 86, DOI 10.1186/s40104-018-0299-0.

18. Shatokhin K., Nikitin S., Knyazev S., Zaporozhets V., Paskovskiy S., Y chromosome effect on prenatal live weight growth of laboratory minipigs, *International Scientific and Practical Conference "From inertia to develop: research and innovation support to agriculture"*. *E3S Web Conf.*, 2020, Vol. 176, pp. 01003, DOI 10.1051/e3sconf/202017601003.
19. Shatohin K.S., Nikitin S.V., Zaporozhec V.I., Kochnev N.N., Korshunova E.V., *APK Rossii*, 2021, No. 28(2), pp. 283–288. (In Russ.)
20. Shatohin K.S., Nikitin S.V., Zaporozhec V.I., Kochnev N.N., *Novejshie napravlenija razvitija agrarnoj nauki v rabotah molodyh uchenyh* (The latest trends in the development of agricultural science in the works of young scientists), Proceedings of the young scientists of SO VASHNIL/SFNCA RAN., 24 marth 2021, Krasnoobsk, pp. 177–181. (In Russ.)
21. Shatohin K.S., Nikitin S.V., Kochnev N.N., Zaporozhec V.I., Sedovich M.E., Korshunova E.V., *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa* (Actual problems of the agro-industrial complex), October 20, 2021, Proceedings of the scientific and practical conference of teachers, postgraduates, undergraduates and students of NGAU, Novosibirsk, 2021, pp. 502–506. (In Russ.)
22. Glantz S.A., *Primer of Biostatistics, 5th ed. McGraw-Hill*, New York, US, 2001.
23. Bland J.M., Altman D.G., Multiple significance tests: the Bonferroni method, *BMJ*, 1995, Vol. 310, No. 6973, pp. 710, DOI 10.1136/bmj.310.6973.170.
24. McDonald J.H., *Handbook of Biological Statistics (3rd ed.)*, Sparky House Publishing, Baltimore, Maryland, 2014, <http://www.biostathandbook.com/permissions.html>.
25. Holt B., Bakken M., Vangen O., Genetic correlation between reproduction and production traits in swine, *J. Anim. Sci*, 2004., Vol. 82., pp. 3458–3464.