

ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА МНОГОПЛОДИЯ МИНИ-СВИНЕЙ ИЦиГ СО РАН И ЕЕ СВЯЗЬ С БЕЛОЙ МАСТЬЮ

С.В. НИКИТИН¹, С.П. КНЯЗЕВ², В.И. ЗАПОРОЖЕЦ¹,
Е.В. КОРШУНОВА¹, К.С. ШАТОХИН², В.И. ЕРМОЛАЕВ²

¹Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН;

²Новосибирский государственный аграрный университет)

В статье представлены результаты анализа особенностей динамики многоплодия свиноматок (числа новорожденных в помете) в селекционной группе мини-свиней ИЦиГ СО РАН. Показано, что форма динамики возрастных изменений данного признака у мини-свиней существенно отличается от описанной ранее у свиней кемеровской породы. У свиней кемеровской породы она имеет форму параболы, у мини-свиней ИЦиГ СО РАН – это два последовательных прямолинейных отрезка. Сравнение многоплодия белых (генотип I/...) и небелых (генотип i/i) мини-свиней ИЦиГ СО РАН показало статистически значимое превосходство средних значений признака у свиноматок с генотипом I/..., а также различие динамик его возрастных изменений в сравниваемых группах. Разница по величине среднего многоплодия между носителями доминантного аллеля I эпистатической белой масти и гомозиготами по рецессивному «небелому» аллелю i сопоставима с различием по данному признаку между много- и среднеплодными породами домашних свиней европейской селекции. Динамики возрастных изменений многоплодия показывают, что высокое значение признака у белых мини-свиней обусловлено большей продолжительностью периода формирования репродуктивного потенциала. У небелых мини-свиней он продолжается с 1-го по 3-й опоросы, у белых – с 1-го по 4-й. Сравнение рецiproкных скрещиваний: белая свиноматка + небелый хряк и небелая свиноматка + белый хряк – показало достоверное превышение среднего многоплодия первого из указанных типов скрещиваний над средним многоплодием второго. Полученный результат позволяет предположить, что более высокое многоплодие белых свиноматок мини-свиней ИЦиГ СО РАН обусловлено особенностями их собственного организма, а не связано с пренатальной жизнеспособностью потомков.

Ключевые слова: многоплодие, мини-свиньи ИЦиГ СО РАН, эпистатическая белая масть, динамика возрастных изменений признака, выравнивание способом взвешенной скользящей средней.

Введение

Статья продолжает серию работ, посвященных изучению генетических особенностей селекционной группы мини-свиней ИЦиГ СО РАН. Ранее была проведена оценка частоты эндогенных ретровирусов [24], описаны особенности фенотипов окраски [25, 26] и проявления уникальной формы полидактилии [5, 28]. В данных исследованиях рассматриваются особенности динамики многоплодия мини-свиней ИЦиГ СО РАН.

Многоплодие – число новорожденных поросят в помете – является одним из показателей, по которым оценивают репродуктивные качества свиноматки. Данный признак формирует множество факторов, к которым относятся самка, самец и внутриутробные взаимодействия: мать-потомок и потомок-потомок [33]. Многоплодие является динамическим признаком, представляющим собой ряд изменяющихся во времени значений, из которых первый опорос в среднем ниже, чем последующие [7, 13, 20, 39]. В целом многоплодие можно охарактеризовать как комплексный признак, изменяющийся в процессе онтогенеза особи. Очевидно, именно

совокупностью разнонаправленных влияний множества внутриорганизменных факторов и обусловлены низкие значения наследуемости данного признака, традиционно объясняемые влиянием внешней среды [8, 22, 31, 38].

Установлено, что в формировании многоплодия у разных пород свиней могут участвовать разные комплексы генов, значительная часть из которых является генами гормонов и ферментов [15, 34–36, 40]. Вполне возможно, что к этой категории относятся и гены, регулирующие рост и дифференциацию клеток, которые обеспечивают различие пород по типам роста, а типы роста – по многоплодию [2]. Естественно, что в формирование меж- и внутривидовых различий свиноматок по многоплодию основной вклад, очевидно, вносят различия по числу овулировавших яйцеклеток [10, 33].

Среди европейских пород наблюдается интересная закономерность. Европейские заводские породы с высоким многоплодием (12–15 поросят в помете), как правило, имеют эпистатическую доминантную белую масть, которую обеспечивает присутствие у особи доминантного аллеля *I* гена *Inhibitor of color* [32] или, в соответствии с современной номенклатурой, – локуса *KIT* [14, 19]. Пигментированные заводские породы, гомозиготные по рецессивному аллелю *i* указанного гена, как правило, среднеплоды (9–11 поросят в помете) [17, 21, 30]. Малоплодными (5–8 поросят в помете) являются неулучшенные или слабоулучшенные местные породы [1, 3, 16, 18], а также мини-свиньи [11]. Следует заметить, что из этой закономерности выпадают древние культурные китайские пигментированные породы с высоким многоплодием [34], что может иметь причиной отличное от европейских пород происхождение.

Как правило, современные заводские породы свиней имеют однородный фенотип масти, что практически не дает возможности для внутривидового сравнения плодовитости белых и небелых свиноматок. Согласно описаниям [3] белая и небелая масть в пределах одной и той же породы зафиксирована у ливенской, семиреченской и северокавказской пород, которые на сегодняшний день являются малочисленными либо исчезнувшими. В связи с этим вопрос о влиянии масти на многоплодие свиней в научной литературе освещен достаточно слабо. Лабораторные мини-свиньи в данном отношении являются более удобным объектом, так как большинство из них полиморфны по типам масти [37].

Целью исследований являлось изучение возрастной динамики многоплодия мини-свиней ИЦиГ СО РАН у белых и небелых свиноматок. Было предположено, что доминантный аллель *I* гена эпистатической белой масти (*Inhibitor of colour*) может быть связан с высоким многоплодием европейских домашних свиней. В свою очередь, это может отражаться на особенностях возрастной динамики многоплодия у белых и небелых свиноматок.

Цель исследований: изучение возрастной динамики многоплодия мини-свиней ИЦиГ СО РАН у белых и небелых свиноматок.

Материал и методы исследований

Мини-свиньи ИЦиГ СО РАН представляют собой удобный объект для проверки указанной гипотезы. Они полиморфны по фенотипам окраски и многоплодию, которое в целом сопоставимо с аналогичным показателем ряда других лабораторных мини-свиней [12, 23]. При создании селекционной группы использовали две многоплодные белые породы: крупную белую и ландрасскую (*II*), многоплодную черную вьетнамскую породу (*ii*) и полиморфных по масти (*Ii* и *ii*) малоплодных светлогорских мини-свиней [27, 29]. Соответственно среди пород-родоначальников присутствовала только одна малоплодная порода – светлогорские мини-свиньи [4].

В исследования вошли данные учета о 778 опоросах мини-свиней ИЦиГ СО РАН разного возраста и генотипов по типам масти (табл. 1).

**Число опоросившихся свиноматок мини-свиней ИЦиГ СО РАН,
в том числе с генотипами *II...* и *iii* по гену *KIT***

Порядковый номер опороса	Возраст, лет	Опоросов		
		Всего	Свиноматки	
			<i>II...</i>	<i>iii</i>
1	1.5	296	119	177
2	2.0	185	86	99
3	2.5	105	40	65
4	3.0	62	19	43
5	3.5	46	15	31
6	4.0	36	13	23
7	4.5	20	6	14
8	5.0	13	3	10
9	5.5	8	2	6
10	6.0	7	3	4
Всего	1.5–6.0	778	306	472
8–10	5.0–6.0	8	20	28

Ремонтные свинки мини-свиней ИЦиГ СО РАН в первый раз идут в случку по достижению ими годовалого возраста. Случные кампании проводятся два раза в год с промежутком в полгода. Соответственно первый опорос в среднем происходит в возрасте около 1,5 года (табл. 1).

Свиноматок подразделили на два фенотипа: белые – генотипы *III* и *IIi*, в общем виде *II...*; и небелые – генотип *iii*. После разделения свиноматок в соответствии с фено-/генотипами на группы опоросы с 8-го по 10-й объединили ввиду их малочисленности.

Статистическая обработка данных исследования производилась общепринятыми методами [6] с применением программы Open Office Calc. Выравнивание эмпирических рядов динамики проводили способом взвешенной скользящей средней с добавлением в оба конца ряда по два условных члена, значения которых считали

по формулам: $y_{+1} = \frac{2y_1 + y_2 - y_4}{2}$ и $y_{+2} = \frac{2y_{+1} + y_1 - y_3}{2}$, где y_{+1} – первый добавочный член ряда; y_{+2} – второй добавочный член ряда; y_1 – y_4 – члены ряда с 1-го по 4-й от края.

Взвешенные скользящие средние считали по формуле: $\bar{y}_i = \frac{y_{-2} + 2y + 4y_i + 2y_{+1} + y_{+2}}{10}$,

где \bar{y}_i – взвешенная скользящая средняя; y_{-2} , y_1 , y_i , y_{+1} , y_{+2} – члены ряда динамики [9].

При вычислении коэффициентов корреляции учитывали, что при числе пар сравнения меньше 40 оценка получается заниженной. Поэтому первичный результат пересчитывали с введением соответствующей поправки по формуле: $r_{xy} = r_{xy} \left[1 + \frac{1 - r_{xy}^2}{2(n-3)} \right]$.

Ошибку поправленного коэффициента корреляции считали по формуле: $s_r = \sqrt{\frac{1 - r_{xy}^2}{n-2}}$, где r_{xy}^* – поправленный коэффициент корреляции; r_{xy} – первичная оценка величины коэффициента корреляции; n – число пар сравнения [6]. Расчетный максимум многоплодия рассчитывали по формуле: $X + 3s_x$, где X – среднее значение; s_x – стандартное отклонение признака.

Результаты и их обсуждение

Многоплодие мини-свиней ИЦиГ СО РАН в целом соответствует оптимальной для данной селекционной группы величине – 6–8 поросят на опорос. Однако максимальные значения признака указывают на сопоставимый с потенциалом крупных пород высокий репродуктивный потенциал. Зафиксированное в стаде фактическое максимальное значение составляет 15 поросят в помете, расчетное – 16,497 поросят (табл. 2).

Таблица 2

Динамика возрастных изменений показателей многоплодия свиноматок в селекционной группе мини-свиней ИЦиГ СО РАН

Порядковый номер опороса	N	$X \pm SE$	s_x	Максимальное значение признака (max)	
				фактическое	расчетное ($X + 3s_x$)
1	296	5.68±0.114	1.968	11	11.584
2	185	7.21±0.166	2.253	15	13.969
3	105	7.75±0.227	2.325	13	14.725
4	62	7.89±0.364	2.869	14	16.497
5	46	7.83±0.316	2.143	13	14.259
6	36	7.83±0.467	2.803	14	16.239
7	20	8.60±0.520	2.326	13	15.578
8	13	6.46±0.550	1.984	8	12.412
9	8	8.25±0.412	1.165	10	11.745
10	7	7.86±0.459	1.215	9	11.505

Примечание. N – число опоросов; $X \pm SE$ – среднее многоплодие ± ошибка выборки; s_x – стандартное (среднеквадратичное) отклонение.

Причиной широкого диапазона вариации признака (от одного до 15 поросят на опорос) может быть генетическая неоднородность стада. Однако многоплодие свиноматки зависит от ее возраста [7]. Уже одной этой неоднородности (10 возрастов) (табл. 2) вполне достаточно, чтобы скрыть присутствие какой-либо другой. Таким образом, решение вопроса о присутствии или отсутствии генетической неоднородности по многоплодию в селекционной группе мини-свиней ИЦиГ СО РАН требует методов, учитывающих возрастные изменения признака. Таким методом могут быть построение и анализ динамик возрастных изменений многоплодия у свиноматок белой и небелой масти. Однако прежде необходимо определить особенности динамики данного признака у свиноматок мини-свиней ИЦиГ СО РАН в целом, без их разделения на белых и небелых (табл. 2, рис. 1).

Динамика возрастных изменений многоплодия у всего поголовья свиноматок в целом, без разделения на белых и небелых, показывает, что для ее адекватного описания требуются два уравнения: с 1-го по 3-й опоросы – логарифмическое; с 3-го по 10-й – линейное, то есть динамика возрастных изменений многоплодия свиноматок мини-свиней ИЦиГ СО РАН включает в себя два последовательных периода, каждый со своим трендом (рис. 1). Во время первого из них (1–3-й опоросы) происходит увеличение средних значений признака, поэтому его можно обозначить как период становления потенциала многоплодия. Во время второго (3–10-й опорос) значения признака стабилизируются, соответственно его можно обозначить как период реализованного потенциала многоплодия. Линия тренда во второй период практически параллельна оси x и не выходит за пределы статистической ошибки величины $7,85 \pm 0,180$ поросят на опорос (рис. 1).

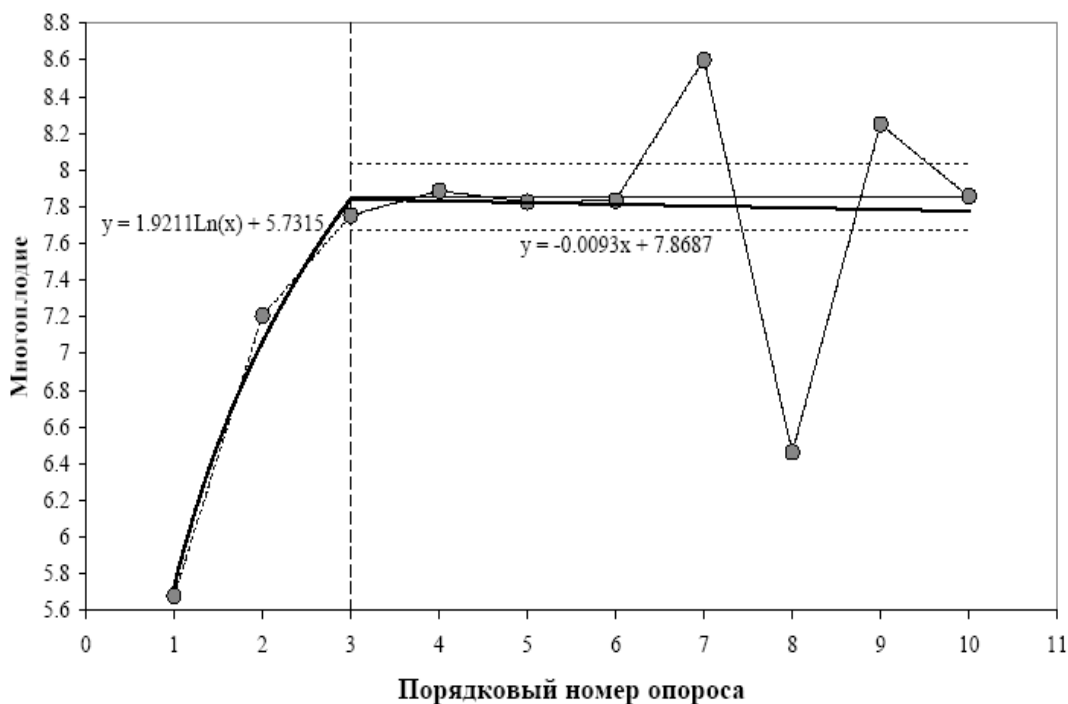


Рис. 1. Динамика многоплодия мини-свиней ИЦиГ СО РАН: горизонтальные штрих-линии – область статистической ошибки среднего многоплодия на отрезке с 3-го по 10-й опоросы, равного $7,85 \pm 0,180$ поросят на опорос

Следует отметить, что динамика возрастных изменений многоплодия у мини-свиней ИЦиГ СО РАН отличается от динамик, изучавшихся ранее, у свиней кемеровской породы. У последних динамикам многоплодия соответствуют уравнения парабол второго порядка, максимумы которых приходятся на 4–5-й опоросы [7]. У мини-свиней многоплодие достигает максимума в 3-й опорос и остается стабильным, по крайней мере, до 10-го. Данное явление может быть связано с размерами мини-свиней, которые являются фактором, ограничивающим полное проявление потенциала многоплодия. На подобную возможность указывает и то, что неулучшенные или слабоулучшенные местные породы, а также одичавшие свиньи имеют размеры и многоплодие, сравнимые с таковыми у мини-свиней [1, 3, 18].

Весьма интересной оказалась динамика стандартного отклонения многоплодия мини-свиней ИЦиГ СО РАН (табл. 2), которую вполне приемлемо описывает уравнение параболы второго порядка (рис. 2–1). Однако более адекватно эту динамику можно представить в виде трех перекрывающихся прямолинейных отрезков, описываемых линейными уравнениями (рис. 2–2).

Были рассчитаны точки пересечения трендов, описываемых этими уравнениями, и построена модель динамики возрастных изменений стандартного отклонения многоплодия в изучаемой селекционной группе (рис. 2–3). Модель показывает, что данный процесс можно разбить на три периода. Во время первого периода (1–3-й опоросы) вариация признака растет (рис. 2–3), что полностью совпадает с периодом роста собственно многоплодия (рис. 1). Второй период возрастных изменений стандартного отклонения начинается с 3-го опороса и заканчивается 7-м (рис. 2–3). Для этого периода характерна стабильность стандартного отклонения (2.50) (рис. 2–3) и максимального значения признака (13.4) (рис. 2–4). Интересно, что такой же период стабильности наблюдается и для среднего многоплодия, однако он продолжается до конца динамики (рис. 1).

Предположили, что разница между стандартным отклонением и средним многоплодием по длительности стабильного периода может быть обусловлена малочисленностью выборок с 7-го по 10-й опоросы (табл. 2) и чувствительностью показателей вариации к этой малочисленности. Данное предположение проверили, рассчитав коэффициенты корреляции между объемом малочисленных выборок (менее 30 опоросов) и их стандартным отклонением и максимальным значением признака. Оказалось, что в период резкого снижения стандартных отклонений и максимальных значений (рис. 2–3, 2–4) корреляция между численностью выборки и стандартным отклонением многоплодия свиноматок достоверна ($r_{xy} = 0.96$; $r^*_{xy} = 0.99 \pm 0.046$; $t_{\phi} = 21.48$; $df = 2$; $P < 0.01$). Максимальное многоплодие на малочисленных выборках достоверную корреляцию не показало ($r_{xy} = 0.70$; $r^*_{xy} = 0.88 \pm 0.337$; $t_{\phi} = 2.61$; $df = 2$). Тем не менее следует принять во внимание, что в отличие от стандартного отклонения максимальное значение признака является величиной, полученной в результате единичного измерения, то есть более подверженной всяческим случайностям. Поэтому можно предположить, что в малочисленных выборках зависимость максимального многоплодия от их объема все же должна существовать, однако для получения достоверного результата данных оказалось недостаточно.

Таким образом, в выборках малого объема величины стандартного отклонения, и предположительно максимального значения признака, могут зависеть от объема выборки. Соответственно снижение этих показателей после 7-го опороса (рис. 2–3, 2–4) может быть вызвано не биологическими, а методическими (малый объем выборок) причинами и при достаточном числе пар сравнения. Эти показатели, подобно среднему многоплодию, останутся стабильными по крайней мере до 10-го опороса.

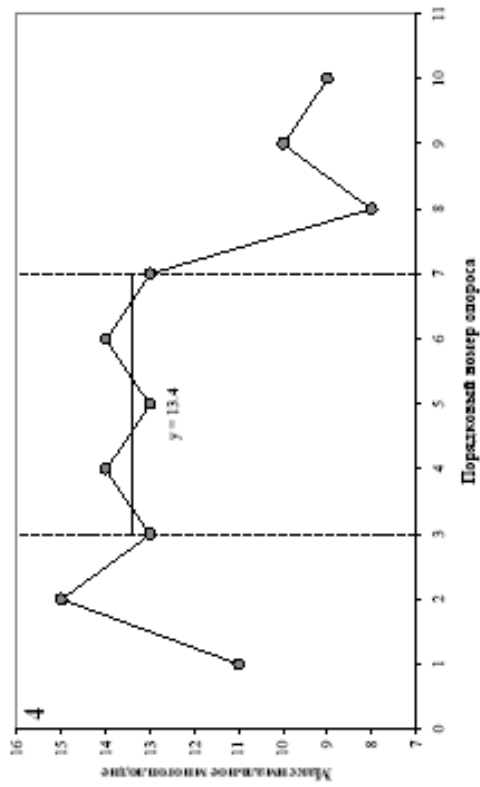
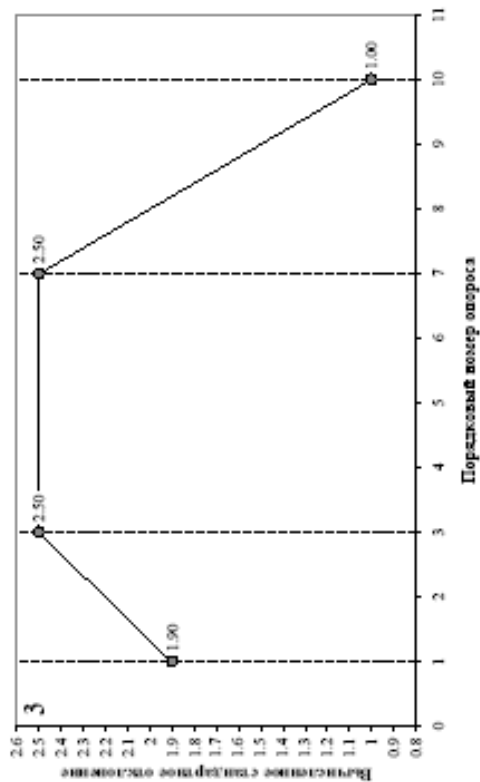
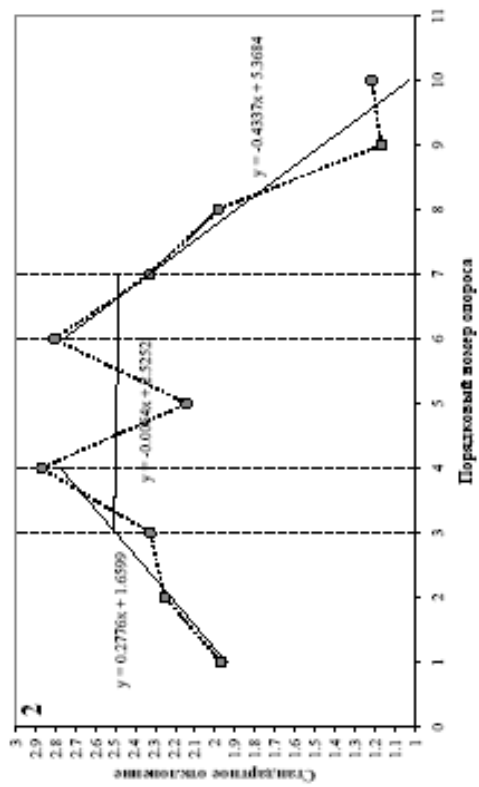
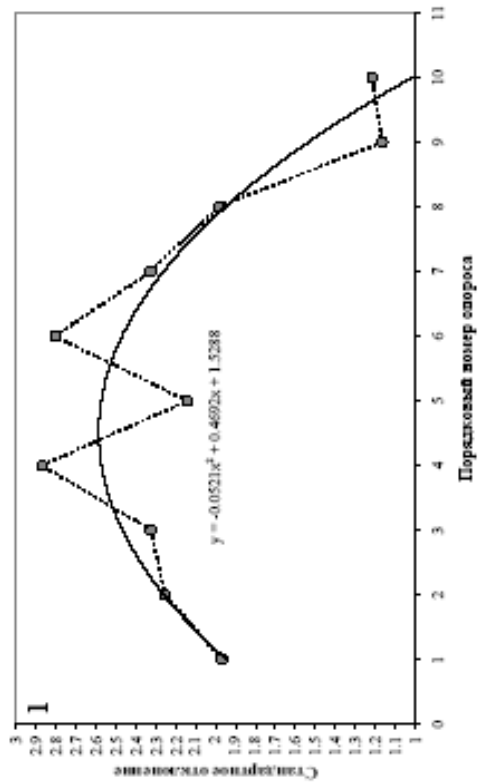


Рис. 2. Динамика изменений стандартного отклонения (2-1, 2-2, 2-3) и максимального многоплодия (2-4) у мини-свиной ИЦИГ СО РАН разного возраста

Дальнейший анализ включает в себя, во-первых, непосредственное сравнение среднего многоплодия белых ($I/...$) и небелых (i/i) свиноматок, во-вторых, сравнение динамик возрастных изменений данного признака в указанных фено-/генотипических классах.

Прежде чем приступить к сравнению среднего многоплодия белых и небелых свиноматок, оценили различие возрастных структур опоросов свиноматок носителей и не носителей аллеля I (табл. 1). Различие оказалось статистически незначимым ($\chi^2 = 9.21$, $d.f. = 7$). Следовательно, сравнение многоплодия белых и небелых свиноматок в целом, без разделения на возрастные группы, допустимо, а его результаты корректны. Сравнение показало достоверное ($t_{\phi} = 2.93$; $d.f. = 776$; $P < 0.01$) превышение многоплодия белых свиноматок над многоплодием небелых (табл. 3) свиноматок.

Была проведена оценка средней разности между многоплодием попарно связанных возрастом выборок, которую проводили дважды (табл. 3). В первом случае использовали фактические выборочные значения среднего многоплодия, во втором – значения, выровненные способом скользящей средней, предположив, что это может уменьшить влияние случайных факторов на динамику возрастных изменений многоплодия свиноматок. В обоих случаях метод попарно связанных вариант показал достоверное превышение многоплодия белых свиноматок. Средняя разность (d) составила при использовании фактических средних $1,06 \pm 0,310$ потомка на опорос ($t_{\phi} = 3,43$; $d.f. = 7$; $P < 0.05$), при использовании выровненных значений – $1,00 \pm 0,197$ потомка на опорос ($t_{\phi} = 5,07$; $d.f. = 7$; $P < 0.01$). Полученная разница несколько меньше разницы между многоплодием белых и окрашенных европейских заводских пород [3, 30], однако и размеры мини-свиней значительно меньше, что, вероятно, ограничивает их многоплодие. Сравнение выборок в целом, без разделения на попарно связанные группы, показывает вдвое меньшую разность средних значений (0,53) (табл. 3), что неудивительно, так как в их формирование наиболее существенный вклад вносят первые три опороса (табл. 1), различия между которыми минимальны (табл. 3).

Таблица 3

Динамика среднего многоплодия свиноматок мини-свиней ИЦиГ СО РАН белой и небелой масти

Средние	Фактические			Выровненные		
	Порядковый номер опороса	Белые ($I/...$)	Небелые (i/i)	d_i	Белые ($I/...$)	Небелые (i/i)
1	5.85±0.186	5.52±0.148	0.33	5.96	5.92	0.04
2	7.51±0.273	6.94±0.196	0.57	7.12	6.71	0.41
3	7.55±0.386	7.88±0.283	-0.33	7.91	7.25	0.66
4	9.53±0.553	7.16±0.423	2.36	8.73	7.33	1.40
5	9.00±0.602	7.26±0.328	1.74	8.85	7.36	1.49
6	8.54±0.627	7.43±0.634	1.10	8.93	7.46	1.47
7	9.83±0.980	8.07±0.579	1.76	8.98	7.60	1.39
8–10	8.00±0.378	7.05±0.432	0.95	8.52	7.40	1.12
Всего	7.17±0.146	6.64±0.107	0.53	–	–	–

Примечание. d_i – разность двух попарно связанных вариант.

Следующим шагом была проверка возможности объединения выборок, представляющих собой смежные опоросы. Для этого была проведена оценка достоверности различия среднего многоплодия смежных по возрасту групп опоросов для фено-/генотипических классов свиноматок (табл. 4).

У белых и небелых свиноматок статистически значимыми оказались различия между 1-м и 2-м опоросами (табл. 4). В обоих классах свиноматок наблюдается увеличение числа потомков в помете, которое составило на 1.66 поросенка опорос у белых и 1.42 поросенка на опорос у небелых свиноматок. Различие между 2-м и 3-м опоросами у белых свиноматок недостоверно. Это указывает на их принадлежность к одной генеральной совокупности и, соответственно, возможность объединения. В то же время у небелых свиноматок разница между 2-м и 3-м опоросами статистически значима, то есть эти выборки представляют разные генеральные совокупности (табл. 4). Разница между 3-м и 4-м опоросами у белых свиноматок достоверна и составляет 1.98 поросенка на опорос, с 4-го по 8–10-й опоросы достоверные различия между смежными опоросами отсутствуют, и они могут быть объединены. У небелых свиноматок статистически значимые различия между смежными опоросами отсутствуют с 3-го по 8–10-й включительно, и они также могут быть объединены в одну выборку (табл. 4, 5). Дисперсионный анализ подтвердил результаты последовательного сравнения смежных опоросов. С 4-го по 8–10-й опоросы для белых (критерий Фишера $F = 0.99$; $d.f.1 = 4$; $d.f.2 = 56$) и с 3-го по 8–10-й для небелых свиноматок ($F = 0.99$; $d.f.1 = 5$; $d.f.2 = 190$) меж- и внутригрупповая дисперсии приблизительно одинаковы ($s_x^2 \approx s_e^2$). В целом анализ показал, что опоросы белых и небелых мини-свиной ИЦиГ СО РАН подразделены на три возрастные группы: у белых свиноматок это 1-й опорос, 2–3-й и 4–10-й опоросы; у небелых – 1-й, 2-й и 3–10-й опоросы (табл. 5).

В первой возрастной группе различие между белыми и небелыми свиноматками минимально и статистически незначимо (0,33 поросенка), во второй группе преимущество белых свиноматок увеличивается и становится достоверным (0,58 поросенка), в третьей группе оно достигает максимума – 1,52 поросенка на опорос (табл. 5).

Таблица 4

Статистическая значимость различий среднего многоплодия между смежными опоросами в фено-/генотипических классах свиноматок

Порядковые номера смежных опоросов		Свиноматки белые (II...)		Свиноматки небелые (III)	
		t_ϕ	значимость различия	t_ϕ	значимость различия
1	2	5.04	$d.f. = 203, P < 0.001$	6.80	$d.f. = 274, P < 0.001$
2	3	0.08	незначимо	2.72	$d.f. = 162, P < 0.01$
3	4	2.93	$d.f. = 57, P < 0.01$	1.40	незначимо
4	5	0.64	незначимо	0.18	незначимо
5	6	0.53	незначимо	0.25	незначимо
6	7	1.11	незначимо	0.74	незначимо
7	8–10	1.74	незначимо	1.41	незначимо

**Разделение опросов по возрастным группам
у белых и небелых мини-свиней ИЦиГ СО РАН**

Возрастная группа	Свиноматки белые (II...)			Свиноматки небелые (III)			t_{ϕ} (<i>d.f.</i> > 200)
	порядковый номер опороса	N	$X \pm SE$	порядковый номер опороса	N	$X \pm SE$	
1	1	119	5.85±0.186	1	177	5.52±0.148	1.39
2	2–3	126	7.52±0.222	2	99	6.94±0.196	1.97 (<i>P</i> < 0.05)
3	4–10	61	9.02±0.286	3–10	196	7.50±0.171	4.55 (<i>P</i> < 0.001)

Примечание. *N* – объем выборки; $X \pm SE$ – среднее многоплодие ± ошибка; t_{ϕ} – критерий Стьюдента; *d.f.* – число степеней свободы.

Динамики возрастного изменения многоплодия белых и небелых свиноматок могут быть описаны уравнениями парабол второго порядка (рис. 3–1), что противоречит результату, полученному на выборках свиноматок без разделения по масти (рис. 1). Линейные тренды опросов без разделения свиноматок по масти показали, что многоплодие мини-свиней ИЦиГ СО РАН полностью реализуется (достигает максимума) в 3-м опоросе и далее существенно не меняется. Параболические тренды опоросов белых и небелых свиноматок сдвигают точку достижения максимума до 5–6-го опоросов, а далее следует снижение признака (рис. 3–1). Тем не менее эти тренды показывают, что начинаясь практически в одной точке (5,90 и 5,91, соответственно для белых и небелых свиноматок), линия тренда белых свиноматок проходит выше линии тренда небелых до конца изучаемого периода (рис. 3–1).

Для уточнения формы динамик возрастных изменений среднего многоплодия свиноматок белой и небелой масти были использованы значения, выровненные способом скользящей средней (рис. 3–2). Предполагалось, что в этом случае за счет «сглаживания» случайных отклонений динамики более адекватно отразят тенденции возрастных изменений признака. Применение выровненных значений показало, что динамики белых и небелых свиноматок, подобно полученной ранее (рис. 1), состоят из двух линейных отрезков – периодов становления и стабилизации репродуктивного потенциала (рис. 3–2). В начальный период многоплодие свиноматок увеличивается. Этот период длится у белых свиноматок с 1-го по 4-й, у небелых – с 1-го по 3-й опоросы (рис. 3–2, 3–3, 3–4). На основании этих динамик можно предположить, что более высокое многоплодие белых свиноматок обусловлено большей продолжительностью периода становления репродуктивного потенциала. Различия в приросте многоплодия в этих группах различается незначительно (коэффициенты регрессии – соответственно 1,1071 и 1,1786 поросянка на опорос) (рис. 3–3, 3–4).

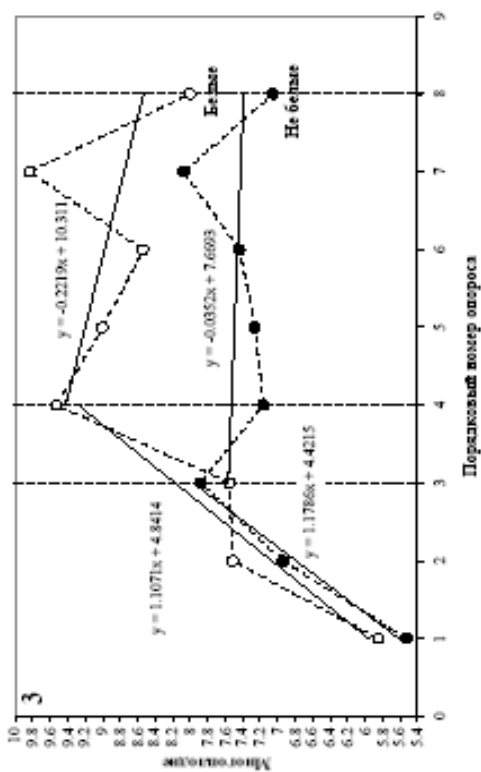
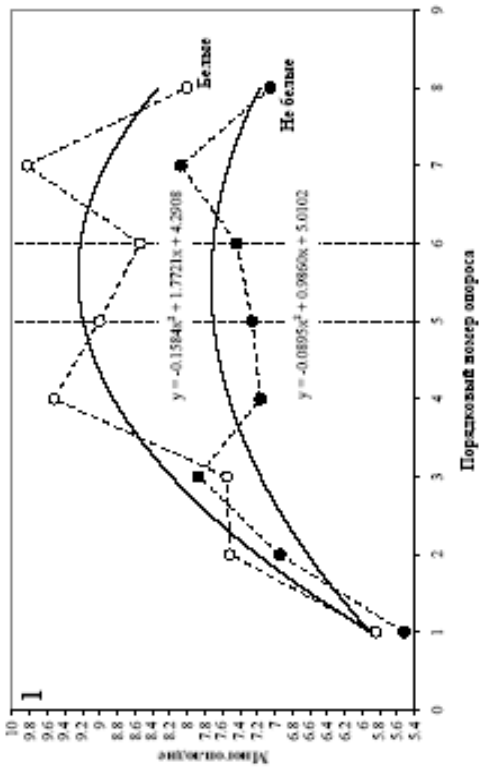
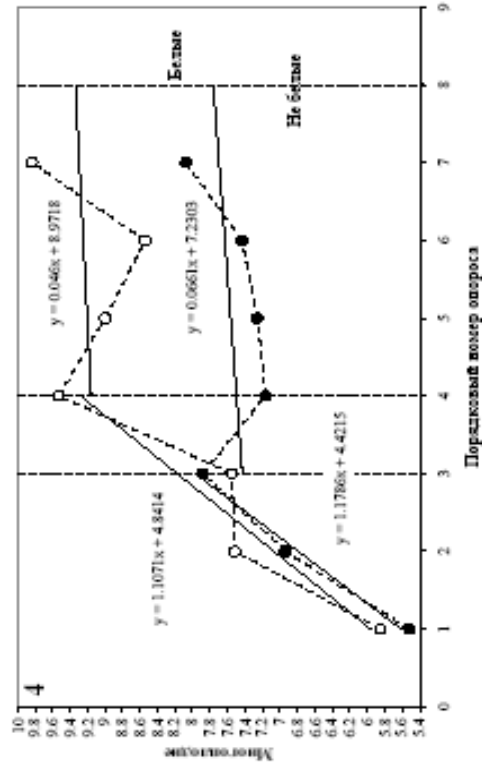
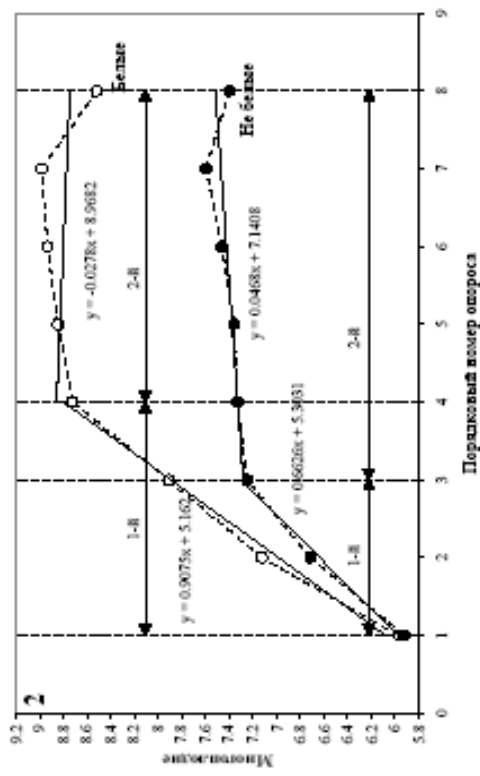


Рис. 3. Динамики возрастных изменений многоплодия у мини-свиней ИЦиГ СО РАН белой и небелой масти: белые круги – белые свиноматки; черные круги – небелые свиноматки

Интерпретация трендов периода стабильного репродуктивного потенциала представляет определенные затруднения. Согласно динамикам, построенным по выровненным средним, в этот период наблюдается незначительное снижение многоплодия у белых свиноматок при также незначительном росте показателя у небелых (рис. 3–2). При использовании исходных (невыровненных) величин тренды показывают более заметное снижение многоплодия у белых свиноматок и незначительное – у небелых (рис. 3–3). В обоих случаях это снижение обусловлено синхронным падением средних значений в 8–10-м опоросах (рис. 3–3). Возможны два объяснения этого факта. Первое заключается в том, что начиная с 7-го опороса, происходит снижение многоплодия свиноматок, более выраженное у белых и менее – у небелых. В пользу этого предположения свидетельствует синхронное снижение многоплодия в 8–10-й опоросы (рис. 3–1, 3–2, 3–3). Однако против этого предположения есть достаточно сильные аргументы. Первый аргумент – это отсутствие достоверных различий между многоплодием в 7-й и 8–10-й опоросы как у белых, так и у небелых свиноматок (табл. 4). Второй аргумент заключается в том, что на динамике, построенной на основании объединения белых и небелых свиноматок, присутствует «провал» величины многоплодия в 8-м опоросе и возвращение на прежний уровень в 9–10-м опоросах (рис. 1). Поэтому более реальным представляется предположение того, что снижение среднего многоплодия в 8–10-й опоросы обусловлено совпадением двух случайных отклонений от основных трендов.

Были построены динамики, из которых исключили 8–10-й опоросы как результат случайных отклонений, обусловленных малочисленностью выборок (рис. 3–4.). В этом случае во второй период (4–7-й у белых и 3–7-й – у небелых свиноматок) тренды показывают незначительное увеличение многоплодия (рис. 3–4). При этом на совпадающем для обеих групп свиноматок временном отрезке с 4-го по 7-й опоросы их многоплодие различается максимально – приблизительно на 1,74 поросенка.

Ранее в исследованиях уже рассматривалось влияние малочисленности выборок на стандартное отклонение и максимальное значение признака. Ответ на данный вопрос понадобился для объяснения феномена падения этих показателей у мини-свиней ИЦиГ СО РАН после 7-го опороса (рис. 3). На данном этапе исследований появилась возможность проверить эту гипотезу на большем числе выборок. В этих целях малочисленные выборки опоросов (меньше 30) белых и небелых свиноматок объединили в единый ряд сравнения (табл. 6).

Проверка подтвердила достоверность связи объема выборки со стандартным отклонением и максимальным значением признака в выборках, численность которых – менее 30 вариант. Снижение верхней границы диапазона вариации признака может в малочисленных выборках повлечь за собой и снижение среднего значения. В 8-м опоросе максимальное значение признака наименьшее (табл. 2), что, вероятно, и отразилось на среднем значении многоплодия. Прямая проверка связи максимального и среднего значений признака была проведена на выборках, объединяющих опоросы белых и небелых свиноматок в один ряд, исключая первый опорос как выпадающий по причине низкого многоплодия, обусловленного возрастом свиноматки (табл. 2). В 5 выборках с численностью более 30 особей такая связь недостоверна ($r_{xy} = -0.71$; $r_{xy}^* = -0.80$; $t_{\phi} = 2.33$). В четырех выборках с численностью менее 30 особей положительная связь между максимальным и средним многоплодием статистически значима ($r_{xy} = 0.82$; $r_{xy}^* = 0.96$; $t_{\phi} = 4.68$; $P < 0.05$). Таким образом, предположение того, что падение средних значений многоплодия белых и небелых свиноматок в 8-м опоросе является следствием малочисленности выборок (табл. 1), подтверждается.

**Влияние малочисленности выборки на стандартное отклонение
и максимальное значение признака**

Масть свиноматки	Объем выборки	Стандартное отклонение	Максимальное значение
Белая	19	2.412	19
	15	2.330	15
	13	2.259	13
	6	2.401	6
	3	0.577	3
	2	2.121	2
Небелая	23	3.043	23
	14	2.165	14
	10	2.132	10
	6	0.837	6
	4	1.258	4
r_{xy}		0.72	0.73
$r_{xy\pm}^* s_r$		0.74±0.224	0.75±0.220
$t_\phi, d.f. = 9$		3.33, $P < 0.01$	3.40, $P < 0.01$

Примечание. r_{xy} – исходный коэффициент корреляции; $r_{xy\pm}^* s_r$ – поправленный коэффициент корреляции ± ошибка; t_ϕ – критерий Стьюдента; $d.f.$ – число степеней свободы.

Исследования показали достоверность связи эпистатической белой масти с многоплодием свиноматок, однако вопрос о том, обусловлена эта связь генотипом свиноматок или этот эффект обеспечивают различия эмбриональной жизнеспособности у потомков с разными генотипами, остается открытым. Ответ на него можно получить, сравнив результаты реципрокных скрещиваний.

Сравнение проводили на совпадающем у белых и небелых свиноматок временном отрезке с 4-го по 8–10-й опоросы (рис. 4). В 26 скрещиваниях белых свиноматок с небелыми хряками многоплодие составило $9,19 \pm 0,388$ поросят на опорос, тогда как в 29 скрещиваниях небелых свиноматок с белыми хряками – только $6,69 \pm 0,455$ поросят на опорос. Разница статистически значима ($t_\phi = 4.18$; $d.f. = 53$; $P < 0.001$) и составляет 2,5 поросят. Следовательно, высокое многоплодие белым свиноматкам мини-свиней ИЦиГ СО РАН обеспечивает их способность продуцировать большее число яйцеклеток. Разница по внутриутробной жизнеспособности потомков носителей и не носителей доминантного аллеля I эпистатической белой масти, очевидно, не имеет к этому отношения. Однако полученный результат не исключает возможность отцовского влияния на многоплодие: он исключает лишь один частный случай – влияние эпистатической белой масти отца.

Исследование особенностей многоплодия мини-свиней ИЦиГ СО РАН показало, что процесс возрастных изменений данного признака включает в себя два периода: первый, период становления репродуктивного потенциала, длится до 3-го опороса и характеризуется ростом значений признака; второй, период реализованного репродуктивного потенциала, начинается с 3-го и продолжается до 10-го опороса. Этим мини-свиньи ИЦиГ СО РАН отличаются от изучавшихся ранее свиней кемеровской породы, у которых после достижения максимума (4–5-й опоросы) следует относительно плавное снижение многоплодия. Низкое многоплодие мини-свиней ИЦиГ СО РАН и его стабилизация на постоянном уровне после 3-го опороса, очевидно, обусловлены их малыми размерами, которые не позволяют полностью реализовать заложенный в них потенциал многоплодия, сопоставимый с потенциалом крупных среднеплодных пород. Уже при 3-м опоросе среднее многоплодие мини-свиней ИЦиГ СО РАН практически равно многоплодию свиноматок кемеровской породы с низким потенциалом данного признака в конце периода их репродуктивного использования [7], то есть в период реализованного потенциала многоплодия у мини-свиней ИЦиГ СО РАН устанавливается средняя величина признака, равная конечной для среднеплодных крупных пород. Приняв, что эта средняя величина является, действительно, конечной, становится понятной ее стабильность, и дальнейшее уменьшение практически уже невозможно.

Сравнение многоплодия белых и небелых свиноматок показало, что разница между ними сравнима с разницей по величине помета между крупными европейскими белыми и небелыми породами. Можно предположить, что преимущество свиноматок белой масти по многоплодию в обоих случаях связана с наличием доминантного аллеля *I* эпистатической белой масти. Это предположение вполне корректно, так как белую масть мини-свиньи ИЦиГ СО РАН унаследовали от крупных многоплодных белых пород. Следует заметить, что многоплодие белых свиноматок выходит за рамки оптимального для мини-свиней ИЦиГ СО РАН, что приводит к селекционному противоречию. С одной стороны, для данной селекционной группы желательна белая масть, с другой стороны, белые свиноматки рожают поросят в количестве, превышающем их возможности по выкармливанию. Возможно, данное противоречие является одной из причин стабильного полиморфизма по масти, присущего мини-свиньям ИЦиГ СО РАН.

В заключение следует добавить: несмотря на то, что при формировании селекционной группы использовали хряков многоплодной вьетнамской породы, многоплодие черных свиноматок практически не отличалось от многоплодия свиноматок с окраской дикого типа (агути) и черно-пестрых. Со 2-го по 10-й опоросы среднее многоплодие черных свиноматок составило $7,41 \pm 0,216$ поросенка на опорос, тогда как свиноматки масти агути и черно-пестрая имели, соответственно, $6,98 \pm 0,218$ и $7,51 \pm 0,216$ поросенка на опорос.

Выводы

1. Возрастная динамика многоплодия мини-свиней ИЦиГ СО РАН состоит из двух периодов: периода становления репродуктивного потенциала (1–3-й опоросы) и периода реализованного репродуктивного потенциала (3–10-й опоросы). Период постепенного снижения многоплодия отсутствует.

2. Белые свиноматки – носители доминантного аллеля *I* эпистатической белой масти – имеют многоплодие, более высокое, чем свиноматки, гомозиготные по рецессивному аллелю *i*. Разница между белыми и небелыми свиноматками мини-свиней ИЦиГ СО РАН по числу потомков в помете сопоставима с разницей по этому признаку между белыми и окрашенными породами европейской селекции.

3. Белые и небелые свиноматки мини-свиней ИЦиГ СО РАН различаются по продолжительности периодов становления репродуктивного потенциала. У белых свиноматок он длится с 1-го по 4-й опоросы, у небелых – с 1-го по 3-й опоросы. Результатом этого различия является разница по величине помета в период реализованного репродуктивного потенциала.

4. Различия между белыми и небелыми свиноматками по многоплодию не связаны с дифференциальной смертностью нерожденных поросят. Данный феномен не имеет сцепления с полиморфизмом гена *KIT*.

Работа поддержана бюджетным проектом № FWNR-2022–0023.

Библиографический список

1. Иванчук В. Биогенетические особенности редких и исчезающих пород свиней // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2011. – № 2. – С. 55–60.
2. Кабанов В.Д. Повышение продуктивности свиней: Монография. – М.: Колос, 1983. – 256 с.
3. Кабанов В.Д., Терентьева А.С. Породы свиней: Учебное пособие. – М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
4. Капанадзе Г.Д., Аушев Ж.А. Светлогорская популяция мини-свиней // Биомедицина. – 2007. – № 6. – С. 70–80.
5. Князев С.П. и др. Изучение процесса формирования уникальной врожденной полидактилии у мини-свиней // Инновации и продовольственная безопасность. – 2023. – № 4 (42). – С. 102–118.
6. Лакин Г.Ф. Биометрия: Учебник. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
7. Никитин С.В., Князев С.П. Отбор и адаптация в популяциях домашних свиней: Монография. – Saarbrücken: Lambert Academy Publ. (LAP), 2015. – 221 с.
8. Плохинский Н.А. Наследуемость: Учебное пособие. – Новосибирск: СО АН СССР, 1964. – 196 с.
9. Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников: Учебное пособие. – М.: Колос, 1969. – 256 с.
10. Тихонов В.Н. Плодовитость домашних свиней в связи с некоторыми условиями внутриматочного развития плодов // Журнал общей биологии. – 1952. – № 1 (13). – С. 65–75.
11. Тихонов В.Н. Лабораторные мини-свиньи. Генетика и медико-биологическое использование. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. – 304 с.
12. Шатохин К.С. и др. Отсутствие инбредной депрессии в стаде мини-свиней ИЦиГ СО РАН // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: Сборник трудов научно-практической конференции преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов (г. Новосибирск, 20 октября 2021 г.). – Новосибирск: Золотой колос, 2021. – С. 502–507.
13. Швельб Т.И. и др. Возрастные изменения количества новорожденных поросят у свиноматок с различным потенциальным многоплодием // Актуальные проблемы животноводства: наука, производство и образование: Материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию зооинженерного факультета Новосибирского ГАУ. – Новосибирск: Новосибирский ГАУ, 2006. – С. 85–87.
14. Andersson L., Plastow G., Rothschild M.F., Ruvinsky A. (eds.). Molecular Genetics of Coat Colour Variation // In: The Genetics of the Pig. – Cambridge, USA: Cab Int., 2011. – Pp. 38–50. DOI: 10.1079/9781845937560.0038.

15. *Bakoev S. et al.* Survey of SNPs Associated with Total Number Born and Total Number Born Alive in Pig // *Genes*. – 2020. – Vol. 5, № 11. – Art. 491. DOI: 10.3390/genes11050491. – URL: <https://www.mdpi.com/2073-4425/11/5/491> (Access date: 21.05.2024).
16. *Bonanzinga M. et al.* The Breeding of the Main Local Pig Breeds in Mediterranean Europe // *Options Méditerranéennes. Série A: Séminaires Méditerranéens*. – 2012. – Vol. 101. – Pp. 117–124.
17. *Camargo E.G. et al.* Genetic Study of Litter Size and Litter Uniformity in Landrace Pigs // *Revista Brasileira de Zootecnia*. – 2020. – Vol. 49. – Art. e20180295. DOI: 10.37496/rbz4920180295. – URL: <https://rbz.org.br/article/genetic-study-of-litter-size-and-litter-uniformity-in-landrace-pigs/> (Access date: 21.05.2024).
18. *Candek-Potokar M., Linan R.M.N.* European Local Pig Breeds – Diversity and Performance. – Rijeka, Croatia: IntechOpen, 2019. – 318 p.
19. *Fontanesi L.* Invited Review: Genetics and Genomics of Pigmentation Variability in Pigs: A Review // *Livestock Science*. – 2022. – Vol. 265. – Art. 105079. – URL: <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.105079> (Access date: 21.05.2024).
20. *Freyer G.* Maximum Number of Total Born Piglets in a Parity and Individual Ranges in Litter Size Expressed as Specific Characteristics of Sows // *Journal of Animal Science and Technology*. – 2018. – Vol. 60, № 1. – Art. 13. DOI: 10.1186/s40781-018-0172-x. – URL: <https://janimscitechnol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40781-018-0172-x> (Access date: 21.05.2024).
21. *Hamann H., Steinheuer R., Distl O.* Estimation of Genetic Parameters for Litter Size as a Sow and Boar Trait in German herdbook Landrace and Pietrain swine // *Livestock Production Science*. – 2004. – Vol. 85, № 2–3. – Pp. 201–207.
22. *Lasley J.* Genetics of Livestock Improvement. – New Delhi: Prentice Hall of India Pvt. Ltd., 1963. – 342 p.
23. *Luo H. – Q. et al.* Effect of Prepregnancy Obesity on Litter Size in Primiparous Minipigs // *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*. – 2018. – Vol. 57, № 2. – Pp. 115–123.
24. *Nikitin S.V. et al.* Frequency of Chromosomes Carrying Endogenous Retroviruses in the Populations of Domestic Pig and Wild Boar // *Russian Journal of Genetics*. – 2008. – Vol. 44, № 6. – Pp. 686–693.
25. *Nikitin S.V. et al.* Polymorphic Loci of Coat Color in Mini-pigs // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. – 2016. – Vol. 20, № 5. – Pp. 584–595.
26. *Nikitin S.V. et al.* Juvenile Coat Colours in Mini-pigs at ICG // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. – 2017. – Vol. 21, № 6. – Pp. 638–645.
27. *Nikitin S.V. et al.* Breeding and Selection of Mini-pigs in the ICG SB RAS // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. – 2018. – Vol. 22, № 8. – Pp. 922–930.
28. *Nikitin S.V. et al.* Unusual Congenital Polydactyly in Mini-pigs from the Breeding Group of the Institute of Cytology and Genetics (Novosibirsk, Russia) // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. – 2021. – Vol. 25, № 6. – Pp. 652–660.
29. *Nikitin S.V., Knyazev S.P., Shatokhin K.S.* Miniature Pigs of ICG as a Model Object for Morphogenetic Research // *Russian Journal of Genetics: Applied Research*. – 2014. – Vol. 4, № 6. – Pp. 511–522.
30. *Nowak B. et al.* Reproduction Indicators Related to Litter Size and Reproduction Cycle Length Among Sows of Breeds Considered Maternal and Paternal Components Kept on Medium-Size Farms // *Animals*. – 2020. – Vol. 10, № 7. – Art. 1164. DOI: 10.3390/ani10071164. – URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/10/7/1164> (Access date: 21.05.2024).
31. *Ocepek M., Andersen I.L.* Sow Communication with Piglets While Being Active is a Good Predictor of Maternal Skills, Piglet Survival and Litter Quality in Three Different

Breeds of Domestic Pigs (*Sus scrofa domesticus*) // PLOS ONE. – 2018. – Vol. 13, № 11. – Art. e0206128. – DOI: 0.1371/journal.pone.0206128. – URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0206128> (Access date: 21.05.2024).

32. Ollivier L., Sellier P. Pig Genetics: A Review (1) // Ann. Genet. Sel. Anim. – 1982. – Vol. 14, № 4. – Pp. 481–544.

33. Pond W.G., Houpt K.A. The Biology of the Pig. – NY, USA: Cornell Univ Pr, 1978. – 352 p.

34. Rothschild M.F. Genetics and Reproduction in the Pig // Animal Reproduction Science. – 1996. – Vol. 42, № 1–4. – Pp. 143–151.

35. Rothschild M.F., Hu Z., Jiang Z. Advances in QTL Mapping in Pigs // International Journal of Biological Sciences. – 2007. – Pp. 192–197.

36. Sell-Kubiak E. Selection for Litter Size and Litter Birthweight in Large White Pigs: Maximum, Mean and Variability of Reproduction Traits // Animal. – 2021. – Vol. 15, № 10. – Art. 100352. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100352> (Access date: 21.05.2024).

37. Shatokhin K.S. Problems of Mini-pig Breeding // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2021. – Vol. 25, № 3. – Pp. 284–291.

38. Tucker B.S. et al. Piglet Viability: A Review of Identification and Pre-Weaning Management Strategies // Animals. – 2021. – Vol. 11, № 10. – Art. 2902. DOI: 10.3390/ani11102902. – URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/10/2902> (Access date: 21.05.2024).

39. Tummaruk P. et al. Effect of Birth Litter Size, Birth Parity Number, Growth Rate, Backfat Thickness and Age at First Mating of Gilts on Their Reproductive Performance as Sows // Animal Reproduction Science. – 2001. – Vol. 66, № 3–4. – Pp. 225–237.

40. Vaishnav S. et al. Allelic to Genome Wide Perspectives of Swine Genetic Variation to Litter Size and Its Component Traits // Molecular Biology Reports. – 2023. – Vol. 50, № 4. – Pp. 3705–3721. DOI: 10.1007/s11033-022-08168-5.

AGE-RELATED PROLIFICACY DYNAMICS IN MINI-PIGS OF ICiG SB RAS AND ITS ASSOCIATION WITH THE WHITE COAT COLOR

S.V. NIKITIN¹, S.P. KNYAZEVA², V.I. ZAPOROZHETS¹,
E.V. KORSHUNOVA¹, K.S. SHATOKHIN², V.I. ERMOLAEV²

(¹Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;
²Novosibirsk State Agrarian University)

The article presents the results of the prolificacy dynamics analysis (the number of newborn piglets per litter) in the mini-pig breeding group of ICiG SB RAS. It is shown that the form of age-related dynamics of this trait in mini-pigs differs significantly from that described earlier in the Kemerovo breed. In the latter it has the shape of a parabola, in the former it has two consecutive rectilinear segments. The comparison of prolificacy of white (genotype I/...) and non-white (genotype i/i) mini-pigs of ICiG SB RAS showed a statistically significant superiority of the average values of the trait in sows with genotype I/..., as well as the difference in the age-related dynamics in the compared groups. The difference in the mean prolificacy between carriers of the dominant allele I of the epistatic white coat color and homozygotes for the recessive 'non-white' allele i is comparable to the difference in this trait between multi- and medium-fertile breeds of European domestic pigs. The age-related prolificacy dynamics show that the high value of the trait in white mini-pigs is due to the longer period of of reproductive potential development. In non-white mini-pigs it lasts from the 1st to the 3rd farrow, in white pigs from the 1st to the 4th farrow.

A comparison of the reciprocal crosses of white sows with non-white boars and non-white sows with white boars showed that the average prolificacy of the first type of cross was significantly higher than that of the second type. The obtained result suggests that the higher prolificacy of white sows of mini-pigs of ICiG SB RAS is due to the characteristics of their own organism, and is not related to the prenatal viability of the offspring.

Keywords: *prolificacy, mini-pigs of ICiG SB RAS, epistatic white coat color, age-related dynamics in the trait, alignment using a weighted moving average method.*

References

1. Ivanchuk V. Biogenetic features of rare and endangered pig breeds. *Veterinariya selskokhozyaystvennykh zhivotnykh*. 2011;02:55–60. (In Russ.)
2. Kabanov V.D. *Increasing pig productivity: a monograph*. Moscow, USSR: Kolos, 1983:256. (In Russ.)
3. Kabanov V.D., Terent'eva A.S. *Pig breeds: a textbook*. Moscow, USSR: Agropromizdat, 1985:336. (In Russ.)
4. Kapanadze G.D., Aushev Zh.A. Svetlogorsk mini-pig population. *Journal Biomed*. 2007;6:70–80. (In Russ.)
5. Knyazev S.P., Nikitin S.V., Schmidt Yu.D., Travin M.A. et al. Study of the process of formation of a unique congenital polydactyly in mini-pigs. *Innovations and Food Safety*. 2023;(4):102–118. (In Russ.) <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-42-4-102-118>
6. Lakin G.F. *Biometrics: a textbook*. Moscow, USSR: Vysshaya shkola, 1990:352. (In Russ.)
7. Nikitin S.V., Knyazev S.P. *Selection and adaptation among domestic pigs populations: a monograph*. Saarbrücken, Germany: Lambert Academy Publishing (LAP), 2015:221. (In Russ.)
8. Plokhinskiy N.A. *Heritability: a textbook*. Novosibirsk, USSR: SO AN SSSR, 1964:196. (In Russ.)
9. Plokhinskiy N.A. *Handbook of biometrics for zootechnicians: a textbook*. Moscow, USSR: Kolos, 1969:256. (In Russ.)
10. Tikhonov V.N. Fertility of hogs in relation to certain conditions of intrauterine fetal development. *Journal of General Biology*. 1952;1(13):65–75. (In Russ.)
11. Tikhonov V.N. *Laboratory mini-pigs. Genetics and biomedical uses*. Novosibirsk, Russia: SB RAS, 2010:304. (In Russ.)
12. Shatokhin K.S. et al. Absence of inbred depression in the mini-pig herd of ICiG SB RAS. *Nauchno-prakticheskaya konferentsiya prepodavateley, aspirantov, magistrantov i studentov Novosibirskogo GAU 'Aktualnye problemy agropromyshlennogo kompleksa'. October 20, 2021*. Novosibirsk, Russia: Zolotoy kolos, 2021:502–507. (In Russ.)
13. Shvebel T.I. et al. Age-related changes in the number of newborn piglets in sows with different potential prolificacy. *II mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya 70-letiyu zootsivnogo fakulteta Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta 'Aktualnye problemy zhivotnovodstva: nauka, proizvodstvo i obrazovanie'. March 22–24, 2006*. Novosibirsk, Russia: Novosibirsk State Agricultural University, 2006:85–87. (In Russ.)
14. Andersson L., Plastow G. Molecular Genetics of Coat Colour Variation. *In: The Genetics of the Pig / M.F. Rothschild, A. Ruvinsky (Eds.)*. Cambridge, USA: Cab Int., 2011:38–50. <http://doi.org/10.1079/9781845937560.0038>
15. Bakoev S. et al. Survey of SNPs Associated with Total Number Born and Total Number Born Alive in Pig. *Genes*. 2020;5(11):491. <http://doi.org/10.3390/genes11050491>

16. Bonanzinga M. et al. The Breeding of the Main Local Pig Breeds in Mediterranean Europe. *Options Méditerranéennes. Série A: Séminaires Méditerranéens*. 2012;101:117–124.
17. Camargo E.G. et al. Genetic Study of Litter Size and Litter Uniformity in Landrace Pigs. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2020;49: e20180295. <http://doi.org/10.37496/rbz4920180295>
18. Candek-Potokar M., Linan R.M.N. *European Local Pig Breeds – Diversity and Performance*. Rijeka, Croatia: IntechOpen, 2019:318.
19. Fontanesi L. Invited Review: Genetics and Genomics of Pigmentation Variability in Pigs: A Review. *Livestock Science*. 2022;265:105079. <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.105079>
20. Freyer G. Maximum Number of Total Born Piglets in a Parity and Individual Ranges in Litter Size Expressed as Specific Characteristics of Sows. *Journal of Animal Science and Technology*. 2018;60(1):13. <http://doi.org/10.1186/s40781-018-0172-x>
21. Hamann H., Steinheuer R., Distl O. Estimation of Genetic Parameters for Litter Size as a Sow and Boar Trait in German Herdbook Landrace and Pietrain Swine. *Livestock Production Science*. 2004;85(2–3):201–207. [http://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00135-0](http://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00135-0)
22. Lasley J. *Genetics of Livestock Improvement*. New Delhi: Prentice Hall of India Pvt. Ltd., 1963:342.
23. Luo H. – Q. et al. Effect of Prepregnancy Obesity on Litter Size in Primiparous Minipigs. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*. 2018;57(2):115–123.
24. Nikitin S.V. et al. Frequency of Chromosomes Carrying Endogenous Retroviruses in the Populations of Domestic Pig and Wild Boar. *Russian Journal of Genetics*. 2008;44(6):686–693. <http://doi.org/10.1134/S1022795408060082>
25. Nikitin S.V. et al. Polymorphic Loci of Coat Color in Mini-pigs. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2016;20(5):584–595. <http://doi.org/10.18699/VJ16.180>
26. Nikitin S.V. et al. Juvenile Coat Colours in Mini-pigs at ICG. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2017;21(6):638–645. <http://doi.org/10.18699/VJ17.280>
27. Nikitin S.V. et al. Breeding and Selection of Mini-pigs in the ICG SB RAS. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(8):922–930. <http://doi.org/10.18699/VJ18.434>
28. Nikitin S.V. et al. Unusual Congenital Polydactyly in Mini-pigs from the Breeding Group of the Institute of Cytology and Genetics (Novosibirsk, Russia). *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021;25(6):652660. <http://doi.org/10.18699/VJ21.074>
29. Nikitin S.V., Knyazev S.P., Shatokhin K.S. Miniature Pigs of ICG as a Model Object for Morphogenetic Research. *Russian Journal of Genetics: Applied Research*. 2014;4(6):511–522. <http://doi.org/10.1134/S207905971406015X>
30. Nowak B. et al. Reproduction Indicators Related to Litter Size and Reproduction Cycle Length Among Sows of Breeds Considered Maternal and Paternal Components Kept on Medium-Size Farms. *Animals*. 2020;10(7):1164. <http://doi.org/10.3390/ani10071164>
31. Ocepek M., Andersen I.L. Sow Communication with Piglets While Being Active is a Good Predictor of Maternal Skills, Piglet Survival and Litter Quality in Three Different Breeds of Domestic Pigs (*Sus scrofa domestica*). *PLOS ONE*. 2018;13(11): e0206128. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0206128>
32. Ollivier L., Sellier P. Pig Genetics: A Review. *Ann. Genet. Sel. Anim*. 1982;14(4):4810544. <http://doi.org/10.1186/1297-9686-14-4-481>
33. Pond W.G., Houpt K.A. *The Biology of the Pig*. NY, USA: Cornell Univ Pr, 1978:352.
34. Rothschild M.F. Genetics and Reproduction in the Pig. *Animal Reproduction Science*. 1996;42(1–4):143–151. [http://doi.org/10.1016/0378-4320\(96\)01486-8](http://doi.org/10.1016/0378-4320(96)01486-8)
35. Rothschild M.F., Hu Z., Jiang Z. Advances in QTL Mapping in Pigs. *International Journal of Biological Sciences*. 2007:192–197. <http://doi.org/10.7150/ijbs.3.192>

36. Sell-Kubiak E. Selection for Litter Size and Litter Birthweight in Large White Pigs: Maximum, Mean and Variability of Reproduction Traits. *Animal*. 2021;15(10):100352. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100352>
37. Shatokhin K.S. Problems of Mini-pig Breeding. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021;25(3):284–291. <http://doi.org/10.18699/VJ21.032>
38. Tucker B.S. et al. Piglet Viability: A Review of Identification and Pre-Weaning Management Strategies. *Animals*. 2021;11(10):2902. <http://doi.org/10.3390/ani11102902>
39. Tummaruk P. et al. Effect of Birth Litter Size, Birth Parity Number, Growth Rate, Backfat Thickness and Age at First Mating of Gilts on Their Reproductive Performance as Sows. *Animal Reproduction Science*. 2001;66(3–4):225–237. [http://doi.org/10.1016/s0378-4320\(01\)00095-1](http://doi.org/10.1016/s0378-4320(01)00095-1)
40. Vaishnav S. et al. Allelic to Genome Wide Perspectives of Swine Genetic Variation to Litter Size and Its Component Traits. *Molecular Biology Reports*. 2023;50(4):3705–3721. <http://doi.org/10.1007/s11033-022-08168-5>

Сведения об авторах

Никитин Сергей Вячеславович, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики и селекции сельскохозяйственных животных, ФИЦ «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН»; 630090, Российская Федерация, г. Новосибирск, пр-кт Академика Лаврентьева, 10; тел.: (383) 363–49–80; e-mail: nsv1956@mail.ru

Князев Сергей Павлович, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры частной зоотехнии и кормления животных, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»; 630039, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; тел.: (383) 267–19–92; e-mail: knyser@rambler.ru

Запорожец Вера Ивановна, зоотехник лаборатории молекулярной генетики и селекции сельскохозяйственных животных, ФИЦ «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН»; 630090, Российская Федерация, г. Новосибирск, пр-кт Академика Лаврентьева, 10; тел.: (383) 363–49–80; e-mail: verazaporozec9@gmail.com

Коршунова Елена Викторовна, старший лаборант лаборатории молекулярной генетики и селекции сельскохозяйственных животных, ФИЦ «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН»; 630090, Российская Федерация, г. Новосибирск, пр-кт Академика Лаврентьева, 10; тел.: (383) 363–49–80; e-mail: Len.ediger2009@yandex.ru

Шатохин Кирилл Сергеевич, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории прикладной биоинформатики, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»; 630039, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; тел.: (383) 267–19–92; e-mail: true_genetic@mai.ru

Ермолаев Виктор Иванович, д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры частной зоотехнии и кормления животных, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»; 630039, Российская Федерация, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; тел.: (383) 267–19–92; e-mail: ermolaev@bionet.nsc.ru

Information about the authors

Sergey V. Nikitin, CSc (Bio), Senior Research Associate at the Laboratory of Molecular Genetics and Breeding of Farm Animals, Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (10 Akademika Lavrent'eva Ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation); phone: (383) 363–49–80; e-mail: nsv1956@mail.ru

Sergey P. Knyazev, CSc (Bio), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Specific Animal Science and Animal Feeding, Novosibirsk State Agrarian University (160 Dobrolubova St., Novosibirsk, 630039, Russian Federation); phone: (383) 267–19–92; e-mail: knyser@rambler.ru

Vera I. Zaporozhets, Zootechnician at the Laboratory of Molecular Genetics and Breeding of Farm Animals, Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (10 Akademika Lavrent'eva Ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation); phone: (383) 363–49–80; e-mail: verazaporozec9@gmail.com

Elena V. Korshunova, Research Technician at the Laboratory of Molecular Genetics and Breeding of Farm Animals, Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (10 Akademika Lavrent'eva Ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation); phone: (383) 363–49–80; e-mail: Len.ediger2009@yandex.ru

Kirill S. Shatohin, CSc (Bio), Senior Research Associate at the Laboratory of Applied Bioinformatics, Novosibirsk State Agrarian University (160 Dobrolubova St., Novosibirsk, 630039, Russian Federation); phone: (383) 267–19–92; e-mail: true_genetic@mai.ru

Viktor I. Ermolaev, DSc (Bio), Professor, Professor at the Department of Specific Animal Science and Animal Feeding, Novosibirsk State Agrarian University (160 Dobrolubova St., Novosibirsk, 630039, Russian Federation); phone: (383) 267–19–92; e-mail: ermolaev@bionet.nsc.ru