

Разведение и селекция мини-свиней ИЦиГ СО РАН

С.В. Никитин¹, С.П. Князев², К.С. Шатохин³, В.И. Запорожец¹, В.И. Ермолаев¹

¹ Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

² Новосибирский государственный аграрный университет, кафедра разведения, кормления и частной зоотехнии, Новосибирск, Россия

³ Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологии Российской академии наук, р. п. Краснообск, Новосибирская область, Россия

Рассмотрены методы, использованные при разведении и селекции мини-свиней Института цитологии и генетики (ИЦиГ) СО РАН, приведено теоретическое обоснование этих методов и обозначены цели, для которых они применяются. Показана генеалогическая структура стада и вклад инбридинга в генетическое сходство современных представителей генеалогических линий и семейств с родоначальниками селекционной группы. Описано фенотипическое разнообразие мини-свиней ИЦиГ по окраскам, весовым категориям, типам роста и особенностям телосложения. Перечислены меры, поддерживающие генетическое разнообразие в стаде мини-свиней ИЦиГ. Показана возможность использования индексов сходства, рассчитанных по «долям крови» родоначальников, для подбора родительских пар и оценки генетической консолидации стада. При этом средний индекс сходства между самцами и самками, рассчитанный по долям крови родоначальников, у мини-свиней ИЦиГ близок к предельному значению. Указано, что эффективная оценка генетического потенциала мини-свиней по интенсивности роста и конечным размерам особи возможна только при условии обильного и полноценного кормления племенного молодняка. Предложена временная шкала оценки роста живой массы мини-свиней ИЦиГ для трех выделяемых в селекционной группе весовых категорий. Рассмотрены типы роста и развития мини-свиней, наблюдаемые в селекционной группе ИЦиГ, и выделен тип, присущий особям, относящимся к мелкой весовой категории. По данным литературы обоснована минимальная живая масса новорожденного поросёнка в стаде мини-свиней ИЦиГ. Рассчитаны значения оптимального многоплодия для трех весовых категорий свиноматок мини-свиней ИЦиГ.

Ключевые слова: мини-свиньи; разведение; селекция; систематический инбридинг на родоначальников; генетическое разнообразие; индекс сходства; доля крови; потенциал роста; весовая категория; тип роста; масса новорожденного поросёнка; многоплодие.

Breeding and selection of mini-pigs in the ICG SB RAS

S.V. Nikitin¹, S.P. Knyazev², K.S. Shatokhin³, V.I. Zaporozhets¹, V.I. Ermolaev¹

¹ Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia

² Novosibirsk State Agrarian University, Department of breeding, feeding and partial zootechny, Novosibirsk, Russia

³ Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies, RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

The article considers methods used for breeding and selection of mini-pigs in the ICG, SB RAS, the theoretical justification of these methods and the purposes for which they are used. We showed the genealogical structure of the herd and the contribution of inbreeding to the genetic similarity of modern representatives of genealogical lines and families with the founders of the breeding group. We characterized the phenotypic diversity of the ICG mini-pigs in colours, weight categories, types of growth and features of constitution. We listed measures supporting genetic diversity in the herd of the ICG mini-pigs. We explained the possibility of using similarity indices calculated by using portions of the ancestors' blood (genome) for the selection of parental pairs and the evaluation of genetic consolidation of the herd. We showed that the average index of similarity between males and females, calculated by using portions of the ancestors' blood, in the ICG mini-pigs is close to the limit value. It turned out that effective evaluation of the genetic potential of mini-pigs in growth rate and final size of individuals is only possible under the condition of a rich and full feeding of young animals. The time scale of estimation of growth of live weight of the ICG mini-pigs for three weight categories allocated in the selection group is presented. The types of growth and development of mini-pigs observed in the ICG breeding group and the type inherent to individuals in the small weight category are considered. We justified the minimum live weight of a newborn piglet in the herd of the ICG mini-pigs. Values of optimal multiple pregnancy for the three categories of ICG mini-pig sows were calculated.

Key words: mini-pigs; breeding; selection; inbreeding; genetic diversity; similarity index; thoroughbredness; weight category; weight of a newborn piglets; quantity of piglets in nest.

КАК ЦИТИРОВАТЬ ЭТУ СТАТЬЮ:

Никитин С.В., Князев С.П., Шатохин К.С., Запорожец В.И., Ермолаев В.И. Разведение и селекция мини-свиней ИЦиГ СО РАН. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018;22(8):922-930. DOI 10.18699/VJ18.434

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Nikitin S.V., Knyazev S.P., Shatokhin K.S., Zaporozhets V.I., Ermolaev V.I. Breeding and selection of mini-pigs in the ICG SB RAS. Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018;22(8):922-930. DOI 10.18699/VJ18.434 (in Russian)

В настоящее время существует ряд селекционных групп лабораторных мини-свиней, живая масса которых варьирует от 30 до 130 кг (Тихонов, 2010; Simianer, Köhn, 2010; Rozkot et al., 2015; Stricker-Krongrad et al., 2016; Станкова и др., 2017). Мини-свиньи образуют весьма разнородную по происхождению, экстерьеру и живой массе совокупность (Стриовски, 2008; Тихонов, 2010), объединяющими факторами которой, кроме малых размеров, являются происхождение каждой группы от небольшого числа особей, малочисленность этих групп и, как следствие, систематический инбридинг на родоначальников. Мини-свиньи Института цитологии и генетики (ИЦиГ) СО РАН – типичные представители данной совокупности. Они происходят от 12 родоначальников и существуют в виде малочисленной группы родственных особей (Nikitin et al., 2014). Верхняя граница живой массы взрослых мини-свиней ИЦиГ составляет для хряков 120 кг, для свиноматок – 70 кг (Nikitin et al., 2014).

Селекция и разведение мини-свиней и продуктивных пород основаны на одних и тех же принципах, но векторы искусственного отбора разнонаправлены. У мини-свиней этот вектор направлен на уменьшение живой массы и линейных размеров взрослых особей (Тихонов, 2010; Simianer, Köhn, 2010; Станкова и др., 2017), у продуктивных пород – на максимизацию интенсивности роста и, соответственно, конечных размеров (Кудрявцев, 1948; Кабанов, 1983; Петухов и др., 2010; Бекенёв, 2012). Вектор искусственного отбора и малочисленность селекционных групп мини-свиней определяют круг задач, которые необходимо решать в процессе селекции и разведения. Настоящая статья посвящена тем решениям, которые были приняты в процессе разведения и селекции мини-свиней ИЦиГ, а также причинам, побудившим к принятию этих решений.

Материал и методы

Селекционная группа мини-свиней ИЦиГ ведет свое происхождение от трех хряков светлогорских мини-свиней, двух хряков ландрасской породы, двух хряков вьетнамской породы и пяти свиноматок крупной белой породы. Численность основного стада мини-свиней ИЦиГ в разные годы составляла от 30 до 40 голов, на 1 января 2018 г. – 34 особи (9 хряков и 25 свиноматок). В стаде присутствуют четыре генеалогические линии хряков, связанных последовательными отношениями отец–сын, и три семейства свиноматок, связанных последовательными отношениями мать–дочь (рис. 1).

Для всех племенных особей мини-свиней ИЦиГ рассчитывают «долю крови» каждого из основателей стада, так как этот показатель отражает количественный вклад аллелофонда родоначальника в аллелофонд потомка – иными словами, генетическое сходство потомка с родоначальником. Вклад инбридинга в формирование генетического сходства потомков с родоначальниками линий и семейств рассчитывали по формуле $ВИ = \frac{\Phi - O}{\Phi} \times 100\%$, где $ВИ$ – вклад инбридинга; Φ – фактическая доля крови родоначальника (родоначальницы); O – доля крови родоначальника, ожидаемая в отсутствие инбридинга. Фактическую долю крови особи рассчитывали как среднее между долями крови родоначальника у ее родителей; долю крови,

ожидаемую при отсутствии инбридинга, рассчитывали по формуле $O = 1/2^n$, где n – порядковый номер генерации.

При подборе родительских пар применяют индекс сходства r , обычно используемый для оценки сходства популяций или других совокупностей по частотам аллелей, генотипов, фенотипов, морф и т. д.: $r = \sum \sqrt{p_i q_i}$, где p_i – частота i -го аллеля в первой совокупности; q_i – частота i -го аллеля во второй совокупности (Животовский, 1991). Однако, как следует из самой формулы, она не специфична для популяционных исследований, а просто количественно оценивает сходство любой пары последовательностей

$$\text{типа } \begin{cases} p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n = 1 \\ q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = 1 \end{cases} \text{ по их частотным характеристикам.}$$

Следовательно, приняв, что p_i и q_i – это доли крови i -го родоначальника у первой и, соответственно, второй особи, рассчитываем индекс r , который в данном случае является оценкой их генетического (генеалогического) сходства. Рассчитываемый по долям крови индекс сходства равен нулю для пары особей, не имеющих общих предков, одной второй – для полусибсов и единице – для сибсов. Этот индекс показывает сходство по идентичности происхождения частей аллелофонда у пары особей, но не касается содержания этих частей. Поэтому, несмотря на единый источник происхождения – общего предка, содержание идентичных по происхождению частей аллелофонда у разных особей может быть разным, соответственно генетическое и фенотипическое разнообразие селекционной группы может сохраняться стабильно высоким.

При создании шкалы стандартных значений роста живой массы мини-свиней ИЦиГ использовали формулу $AM_n = \frac{AM_{12}}{OM_{12}} \times OM_n$, где AM_n – масса особи в возрасте n месяцев, кг; AM_{12} – масса годовалой особи, кг; OM_{12} – относительная масса годовалой особи (в %) от массы в возрасте 36 месяцев; OM_n – относительная масса особи в возрасте n месяцев.

Оптимальное многоплодие для мини-свиней ИЦиГ рассчитывали следующим образом. Сначала определили отношение массы помёта при рождении к массе свиноматки у крупных пород, которое составило $LF = \frac{1.25 \times 11}{163} = 0.084$, где 1.25 – средняя масса новорожденного поросёнка, кг; 11 – среднее многоплодие свиноматки; 163 – средняя масса свиноматки, кг. Затем рассчитали оптимальное многоплодие для мини-свиней ИЦиГ по формуле $LS = \frac{MF \times LF}{0.7}$, где LS – число новорожденных в помёте, MF – масса свиноматки, кг; 0.7 – желательная масса новорожденного поросёнка, кг.

Результаты и обсуждение

Селекция мини-свиней представляет собой комплекс мероприятий, в котором на первом месте должно находиться кормление растущего молодняка. Давно известно, что обильное кормление в молодом возрасте увеличивает размеры и изменяет экстерьер животных, скудное же кормление, напротив, уменьшает размеры и сдвигает экстерьер породных животных в сторону неулучшенной формы (Кулешов, 1947). Мини-свиней оценивают по живой массе

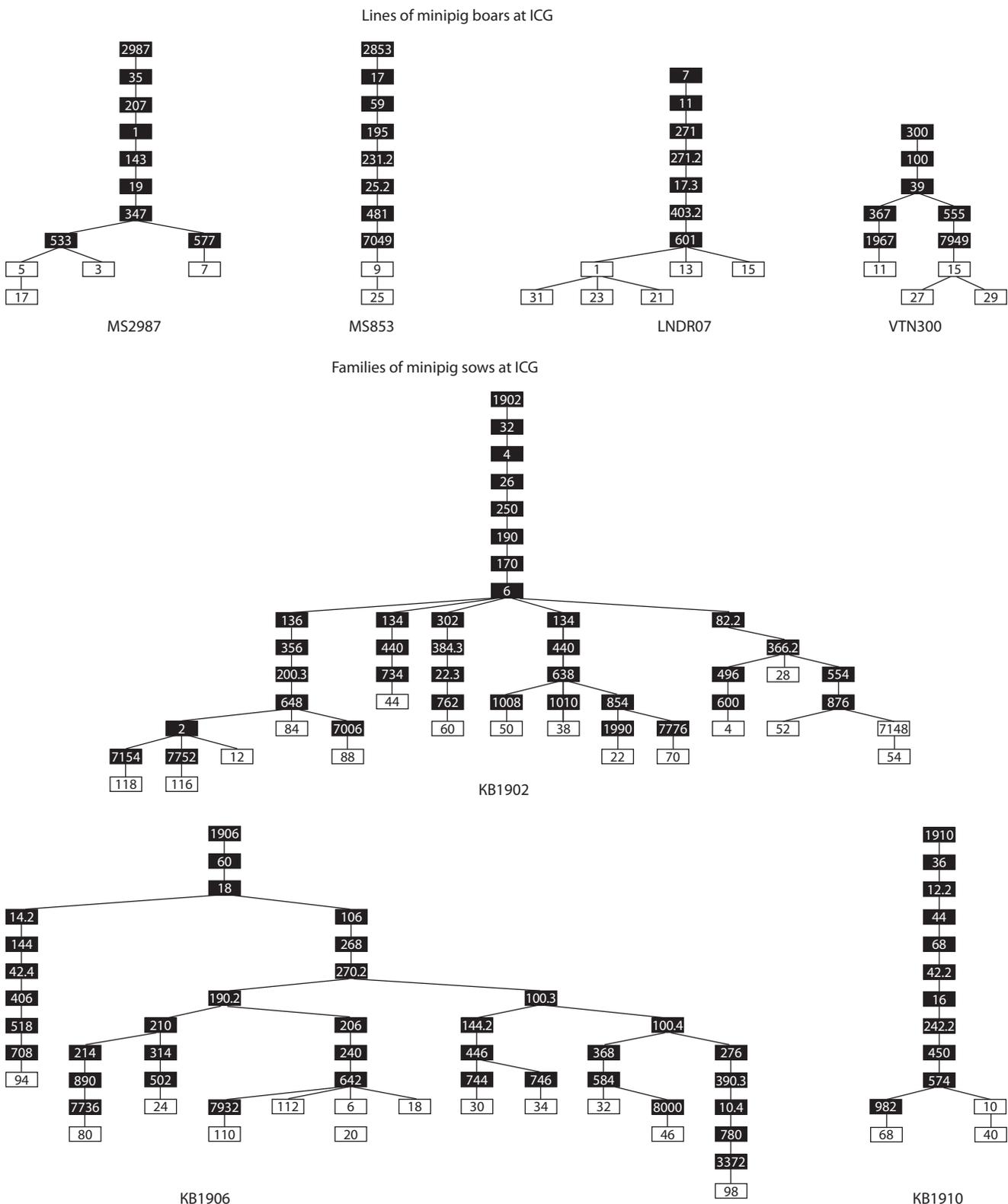


Fig. 1. Genealogical tree of the minipig breeding group of the Institute of Cytology and Genetics. Discontinued animals are shown in black. In the last rows, one individual of each litter is shown.

(Тихонов, 2010; Станкова и др., 2017), отсюда возникает соблазн, ограничив рацион растущего молодняка, получить мелких животных за минимальное время при минимальных затратах (Bollen et al., 2005). Однако подобная

псевдоселекция не позволяет особи реализовать свой, обусловленный генетически потенциал роста, соответственно его невозможно оценить, а раз нет возможности для оценки признака, по которому ведется отбор, о какой,

собственно, селекции может идти речь. Выращенные на скудном рационе животные, будучи внешне мини-свиньями, могут ими не быть генетически, поэтому в питомнике мини-свиней ИЦиГ для оценки потенциала роста животных практикуют кормление растущего молодняка вволю.

Особое внимание при селекции мини-свиней ИЦиГ уделяют сохранению генетического сходства с исходными мелкими формами – светлогорскими мини-свиньями и вьетнамской породой. Генеалогическая структура стада включает две линии (МС2853, МС2987), происходящие от светлогорских мини-хряков, одну (ЛНДР07) – от хряка породы ландрас, одну (ВТН300) – от хряка вьетнамской породы и три семейства (КБ1902, КБ1906, КБ1910), происходящие от трех свиноматок крупной белой породы (см. рис. 1).

Генетическое сходство родоначальников стада с их нынешними потомками, в отсутствие родственных скрещиваний, при разделяющем их числе генераций может быть только формальным. Однако численность репродуктивного ядра невелика, как следствие, родственные скрещивания неизбежны, поэтому генетическое сходство потомков с родоначальниками линий и семейств существенно выше, чем это ожидается при отсутствии инбридинга на отдаленных предках (табл. 1).

Как это и предполагалось, расчеты показали превышение фактической доли крови родоначальников над ожидаемой в отсутствие инбридинга. В целом вклад инбридинга, как целенаправленного, так и обусловленного ограниченной численностью селекционной группы, многократно превосходит вклад прямых неинбредных последовательностей отец–сын и мать–дочь (см. табл. 1).

Благодаря плановому инбридингу было сохранено высокое генетическое сходство с родоначальниками линий МС2853 и МС2987. Для этого использовали скрещивания родителей с потомками и скрещивания полусибсов. Плановый инбридинг очень ограниченно и только на начальном этапе применяли при формировании линии ВТН300. Связано это с рядом свойственных вьетнамской породе, но нежелательных для лабораторных мини-свиней признаков, таких как склонность к патологическому ожирению, толстая грубая, собирающаяся в складки ороговевшая кожа, провисшая спина, пугливость и материнская агрессия по отношению к человеку. В линии ЛНДР07 и семействах свиноматок КБ1902, КБ1906 и КБ1910, происходящих от свиней крупных европейских заводских пород, плановый инбридинг на родоначальников не использовали.

При подборе родительских пар и для оценки консолидации селекционной группы рассчитывали индексы сходства самцов и самок репродуктивного ядра на основании доли крови родоначальников (табл. 2).

В настоящее время в репродуктивном ядре стада мини-свиней ИЦиГ индекс сходства между самцами и самками по доле крови родоначальников составляет от 0.908 до 1.000 при среднем значении 0.980 ± 0.0011 . Последнее близко к предельной для индекса сходства величине (единице), но статистически значимо отличается от нее (критерий Стьюдента – 17.75, при числе степеней свободы 373; $p < 0.001$).

Table 1. Mean shares of ancestry in the ICG minipig herd

Line/ family	Mean share of ancestry		Inbreeding contribution, %
	actual	expected without inbreeding	
MS2987	0.3360	0.0034	98.99
MS2853	0.2238	0.0029	98.70
VTN300	0.1689	0.0234	86.15
LNDR07	0.0410	0.0059	85.61
KB1902	0.0052	0.0002	96.15
KB1906	0.0375	0.0008	97.87
KB1910	0.0706	0.0006	99.15

Несмотря на то что среднее значение индекса сходства близко к единице, в стаде широко представлен полиморфизм по генетическим маркерам (Шатохин и др., 2014а, б), вариантам окраски (Никитин и др., 2016, 2017) и морфологическим признакам (Nikitin et al., 2014; Шатохин и др., 2016). Это обусловлено специальными мерами, к которым относятся:

- относительно большое количество хряков-производителей (не менее двух-трех в каждой из четырех линий);
- поддержание разнообразия морфологических признаков;
- использование разнообразия окрасок как простого визуального индикатора генетического разнообразия.

Близкие к единице значения индекса сходства между самцами и самками в стаде мини-свиней ИЦиГ показывают, что использование в этих оценках доли крови родоначальников стада становится малоэффективным. Однако эта малоэффективность касается только одного из направлений подбора – формирования пар из генеалогически наиболее удаленных особей, но не касается прочих аспектов этого селекционного мероприятия. Использование доли крови родоначальников является, по определению, временной мерой – в закрытой популяции ограниченной численности индекс генеалогического сходства стремится к единице. Поэтому по достижении этой величины просто меняют точку отсчета. Родоначальников стада, которые выполняли роль генерации P_0 , заменяют на самцов и самок любой из более поздних генераций, после чего индекс генеалогического сходства будет рассчитываться по долям крови особей, относящихся к новой генерации P_0 .

Разнообразие мини-свиней ИЦиГ по вариантам окраски представлено пятью основными мастьями, контролируемые аллелями локусов *KIT*, *MC1R* и геном *Spotted*. В выборке 2018 г. из 78 особей 35.90 % имеют черно-пеструю масть, 24.36 % – масть дикого типа, 17.95 % – черную, 15.38 % – чисто-белую и 6.41 % – белую с пятнами. В соответствии с наиболее распространенной моделью детерминации масти свиней (Andersson, Plastow, 2011; Fontanesi, Russo, 2013), locus *KIT* представлен двумя аллелями *I* и *i*, которые формируют три генотипа – *II*, *Ii* и *ii*, а locus *MC1R* – тремя аллелями E^D , E^+ и E^p , форми-

Table 2. Similarity indices with regard to the share of ancestry in males and females of the reproduction part of the ICG minipig herd in 2018*

Female No.	Male No.										
	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
4	0.991	0.988	0.988	0.955	0.985	0.997	0.998	0.983	0.993	0.989	0.933
6	0.980	0.980	0.987	0.959	0.990	0.959	0.961	0.979	0.979	0.974	0.908
14	0.975	0.997	0.993	0.958	0.993	0.966	0.971	0.999	0.992	0.995	0.922
20	0.995	0.994	0.999	0.968	0.999	0.984	0.987	0.992	0.996	0.991	0.929
22	0.996	0.996	0.998	0.965	0.997	0.994	0.996	0.993	1.000	0.996	0.934
24	0.986	0.999	0.999	0.965	0.998	0.977	0.981	0.999	0.997	0.996	0.928
26	0.987	1.000	0.999	0.964	0.998	0.981	0.986	0.999	0.998	0.999	0.931
28	0.997	0.975	0.982	0.954	0.982	0.998	0.996	0.967	0.986	0.974	0.925
34	0.993	0.997	0.997	0.963	0.995	0.993	0.995	0.994	0.999	0.997	0.935
36	0.991	0.997	0.999	0.967	1.000	0.981	0.984	0.996	0.997	0.994	0.928
38	0.996	0.995	0.998	0.965	0.997	0.992	0.993	0.992	0.998	0.995	0.932
42	0.985	0.999	0.977	0.964	0.998	0.977	0.980	0.999	0.996	0.998	0.927
44	0.997	0.990	0.968	0.961	0.992	0.997	0.997	0.985	0.996	0.991	0.931
46	0.990	0.999	0.978	0.966	0.999	0.983	0.986	0.999	0.999	0.998	0.931
52	0.993	0.999	1.000	0.967	1.000	0.986	0.989	0.996	0.999	0.996	0.932
54	0.995	0.998	0.976	0.966	0.998	0.991	0.993	0.995	1.000	0.997	0.934
56	0.985	0.999	0.977	0.964	0.998	0.977	0.980	0.999	0.996	0.998	0.927
58	0.991	1.000	0.978	0.966	0.999	0.984	0.988	0.998	0.999	0.998	0.932
66	0.987	0.997	0.973	0.960	0.994	0.986	0.989	0.996	0.997	0.999	0.932
68	0.996	0.985	0.964	0.957	0.988	0.999	0.987	0.980	0.993	0.987	0.930
72	0.987	0.997	0.973	0.960	0.994	0.986	0.989	0.996	0.997	0.999	0.932
76	0.980	0.998	0.975	0.960	0.995	0.982	0.976	0.999	0.994	0.998	0.925
78	0.957	0.993	0.973	0.964	0.996	0.995	0.996	0.988	0.998	0.991	0.933
80	0.982	0.979	0.958	0.996	0.983	0.976	0.978	0.976	0.983	0.977	0.981
82	0.985	0.999	0.975	0.961	0.995	0.982	0.985	0.998	0.997	1.000	0.930
84	0.980	0.998	0.975	0.960	0.995	0.982	0.976	0.999	0.994	0.998	0.925
86	0.962	0.967	0.980	0.998	0.966	0.957	0.960	0.965	0.968	0.965	0.993
92	0.985	0.999	0.975	0.961	0.995	0.982	0.985	0.998	0.997	1.000	0.930
96	0.999	0.990	0.970	0.965	0.995	0.996	0.997	0.986	0.996	0.989	0.932
102	0.999	0.990	0.970	0.965	0.995	0.996	0.997	0.986	0.996	0.989	0.932
104	0.961	0.967	0.946	0.998	0.967	0.956	0.959	0.965	0.968	0.965	0.991
106	0.999	0.990	0.970	0.965	0.995	0.996	0.997	0.986	0.996	0.989	0.932
108	0.930	0.931	0.909	0.989	0.930	0.930	0.934	0.928	0.934	0.930	1.000
124	0.983	0.999	0.976	0.962	0.984	0.975	0.978	0.999	0.995	0.998	0.926

* One individual of each litter is shown.

рующими шесть генотипов – E^D/E^D , E^D/E^+ , E^D/E^p , E^+/E^+ , E^+/E^p и E^p/E^p (Никитин и др., 2016). Из трех аллелей гена *Spotted* в стаде мини-свиней ИЦиГ выявлены два – *Sr* и *sp*, на что указывает присутствие белых особей без пятен и с пятнами (Nikitin, Lobkov, 1996). В целом только эти три локуса способны формировать 54 генотипа, что очень много при малой численности поголовья мини-свиней ИЦиГ. Однако разнообразие окрасок этим не ограничивается, присутствуют варианты пегостей с разной генетической детерминацией, а также варианты окраски дикого типа и черно-пестрой масти (Шатохин и др., 2013; Nikitin et al.,

2014; Никитин и др., 2016, 2017), поэтому разнообразие генотипов может оказаться еще более высоким.

У мелких пород свиней можно выделить два основных типа роста: 1) азиатский тип, присущий коренным породам Юго-Восточной Азии, для которого характерны раннее наступление половой зрелости и раннее окончание роста; 2) европейский тип, свойственный примитивным европейским породам, которые имеют продолжительный период роста при низкой его интенсивности.

Среди мини-свиней ИЦиГ присутствуют особи с признаками как азиатского, так и европейского типов. Особи



Fig. 2. Stud boar No.9 of line MC2853, small weight grade (live weight in the one-year age 15 kg), which combines features of the Asian and European growth and development patterns.

Courtesy of S.P. Knyazev.



Fig. 3. Seven-week piglets. In the front, a boar of the small weight grade, behind, a sow of the medium grade.

Courtesy of S.P. Knyazev.

с выраженным азиатским типом похожи растянутым цилиндрическим туловищем и выпуклой мускулатурой на свиней мясных пород. Особи, близкие к европейскому типу, своим компактным телосложением, высоконоготью, плоским тощим окороком сходны со свиньями примитивных пастбищных пород.

В связи с участвовавшими случаями рождения мелких особей, сочетающих тугорослость с ранним окончанием развития (рис. 2), в 2014 г. было принято решение о делении мини-свиней ИЦиГ по живой массе свиноматок в возрасте одного года на три весовые категории: мелкие – 25–35 кг или меньше, средние – 35.1–70 кг, крупные – 70.1–90 кг или больше. В настоящее время все весовые категории представлены здоровыми, нормально развитыми, пропорционально сложенными, способными к воспроизводству животными. Интересно отметить, что поросят мелкой категории можно, хотя и не с полной уверенностью, выявить уже в возрасте семи-восьми недель (рис. 3). На начало 2018 г. поголовье свиноматок было представлено 14 особями мелкой категории, 51 особью средней и 4 особями крупной категории. Таким образом, самой многочисленной является наиболее востребованная для медицинских экспериментов средняя весовая категория мини-свиней ИЦиГ. Мини-свиньи двух других категорий используются ограниченно для селекционных и генетических исследований.

Для оценки роста мини-свиней ИЦиГ и отнесения их к той или иной весовой категории были приняты временные стандарты живой массы особей от 2 до 36 месяцев, основой для которых послужили значения, приведенные для свиней второго класса первой группы пород в «Инструкции по бонитировке свиней» от 1976 г. На основании этих величин были построены динамики роста живой массы самок и самцов крупных пород, а затем абсолютные величины переведены в относительные (табл. 3), которые использовали для расчета ожидаемых динамик роста мини-свиней ИЦиГ трех разных весовых категорий (табл. 4).

У домашних свиней присутствует диморфизм по росту живой массы (см. табл. 3). Так как деление мини-свиней ИЦиГ на весовые категории опирается на данные о живой массе самок в возрасте одного года, соответствующие категориям массы годовалых самцов были рассчитаны по отношению массы самок к массе самцов у свиней второго класса первой группы пород в возрасте 12 мес., равному $158 : 148 = 1.068$ (см. табл. 3). Далее по динамике роста относительных значений (см. табл. 3) и граничным значениям живой массы годовалых мини-свиней ИЦиГ разных весовых категорий рассчитали стандартные значения живой массы в килограммах для всех возрастов (см. табл. 4).

Принятые весовые категории мини-свиней ИЦиГ, как и стандарты живой массы, являются временными селекционными ориентирами. В дальнейшем, по мере накопления данных, будут уточняться и корректироваться как шкала стандартных значений роста живой массы, так и границы весовых категорий. Тем не менее эта временная шкала роста живой массы (см. табл. 4) показывает, что до достижения особью двухлетнего возраста возможна только предварительная оценка, окончательную оценку следует проводить после двух лет.

При селекции животных, вне зависимости от того, по какому признаку ведут отбор, необходимо отслеживать изменения жизнеспособности и фертильности (Йогансон и др., 1970), ведь если не из кого будет выбирать, то о каком отборе вообще может идти речь. В связи с этим у мини-свиней ИЦиГ как представителей мелкой формы домашней свиньи селекционную значимость приобрела крупноплодность (масса новорожденного поросёнка). Крупноплодность положительно связана с массой при отъеме и, соответственно, с массой в более зрелом возрасте (Кабанов, 1983), поэтому идея отбирать у мини-свиней на племя самых мелких при рождении поросят некоторым селекционерам кажется весьма привлекательной. Однако крупноплодность положительно связана и с сохранностью поросят в подсосный период. Без создания

Table 3. Live weight growth in pigs of the second grade in the first group of breeds, kg and % of the weight in the age of 36 months, assessed in accordance with the Guideline for pig judgement (1976)

Age, months	Females		Males		Age, months	Females		Males	
	kg	%	kg	%		kg	%	kg	%
2	18	8.00	16	6.40	15	175	77.78	193	77.20
3	30	13.33	26	10.40	16	180	80.00	203	81.20
4	43	19.11	37	14.80	17	185	82.22	210	84.00
5	56	24.89	50	20.00	18	190	84.44	217	86.80
6	72	32.00	64	25.60	19	194	86.22	224	89.60
7	88	39.11	78	31.20	20	198	88.00	229	91.60
8	102	45.33	94	37.60	21	202	89.78	234	93.60
9	116	51.56	108	43.20	22	206	91.56	239	95.60
10	130	57.78	122	48.80	23	210	93.33	242	96.80
11	144	64.00	134	53.60	24	214	95.11	245	98.00
12	158	70.22	148	59.20	30	220	97.78	248	99.20
13	168	74.67	168	67.20	36	225	100.00	250	100.00
14	170	75.56	181	72.40	and older				

Table 4. Standard live weight growth in ICG minipigs

Age, months	Live weight, kg					
	Small		Medium		Large	
	females	males	females	males	females	males
2	2.8–4.0	2.5–3.5	4.01–8.0	3.51–7.1	8.01–10.3	7.11–9.1
3	4.7–6.6	4.1–5.8	6.61–13.3	5.81–11.5	13.31–17.1	11.51–14.8
4	6.8–9.5	5.9–8.2	9.51–19.1	8.21–16.4	19.11–24.5	16.41–21.1
5	8.9–12.4	7.9–11.1	12.41–24.8	11.11–22.2	24.81–31.9	22.21–28.5
6	11.4–15.9	10.1–14.2	15.91–31.9	14.21–28.4	31.91–41.0	28.41–36.5
7	14–19	12–17	19.1–39	17.1–35	39.1–50	35.1–44
8	16–23	15–21	23.1–45	21.1–42	45.1–58	42.1–54
9	18–26	17–24	26.1–51	24.1–48	51.1–66	48.1–62
10	21–29	19–27	29.1–58	27.1–54	58.1–74	54.1–69
11	23–32	21–30	32.1–64	30.1–59	64.1–82	59.1–76
12	25–35	23–33	35.1–70	33.1–66	70.1–90	66.1–84
13	27–37	27–37	37.1–74	37.1–74	74.1–96	74.1–96
14	27–38	29–40	38.1–75	40.1–80	75.1–97	80.1–103
15	28–39	31–43	39.1–78	43.1–86	78.1–100	86.1–110
16	28–40	32–45	40.1–80	45.1–90	80.1–103	90.1–116
17	29–41	33–47	41.1–82	47.1–93	82.1–105	93.1–120
18	30–42	34–48	42.1–84	48.1–96	84.1–108	96.1–124
19	31–43	35–50	43.1–86	50.1–99	86.1–111	99.1–128
20	31–44	36–51	44.1–88	51.1–101	88.1–113	101.1–130
21	32–45	37–52	45.1–89	52.1–104	89.1–115	104.1–133
22	33–46	38–53	46.1–91	53.1–106	91.1–117	106.1–136
23	33–47	38–54	47.1–93	54.1–107	93.1–120	107.1–138
24	34–47	39–54	47.1–95	54.1–109	95.1–122	109.1–140
30	35–49	39–55	49.1–97	55.1–110	97.1–125	110.1–141
36 and older	36–50	40–55	50.1–100	55.1–111	100.1–128	111.1–142

Table 5. Optimum prolificacy in ICG minipig sows of three weight grades

Sow weight on day 5 after farrow, kg	Optimum prolificacy
25–35	3–4
35–70	4–8
70–90	8–11

специальных условий из поросят с массой при рождении менее 600 г до отъема доживает не более 2 % (Кабанов, 1983; Понд, Хаупт, 1983). Так как у мини-свиней возможно моногенное наследование массы новорожденной особи менее 600 г (Никитин, Князев, 2015), отбор по этому признаку может стать эффективным способом снижения ранней постнатальной жизнеспособности. По этой причине у мини-свиней ИЦиГ новорожденные с массой менее 600 г выбраковываются. Средняя масса деловых поросят (особей, переживших первые пять дней после рождения) составляет 777 г, их сохранность в подсосный период равна 85 %.

Избыточное многоплодие может быть причиной низкой сохранности поросят в подсосный период. Если свиноматка, способная выкормить до отъема только пять потомков, родит и будет выкармливать десять, то в лучшем случае к отъему выживет только пять истощенных и отстающих в росте поросят, в худшем – погибнут все. Поэтому на основании данных из Инструкции по бонитировке свиней (1976) был произведен расчет оптимального многоплодия для мини-свиней ИЦиГ. Взяв за основу массу свиноматки 163 кг, многоплодие равное 11 потомкам при их средней массе 1.25 кг, рассчитали оптимальное многоплодие для трех весовых категорий свиноматок мини-свиней ИЦиГ при средней массе новорожденного поросёнка 700 г (табл. 5).

При рождении избыточного количества поросят, в соответствии с расчетным значением оптимального многоплодия и состоянием свиноматки, принимается решение о количестве поросят, оставляемых ей для выкармливания.

В целом опыт разведения и селекции мини-свиней ИЦиГ позволяет сформулировать следующие рекомендации:

- для адекватной оценки потенциала роста и развития мини-свиней молодняк должен выращиваться при обильном и полноценном кормлении;
- предварительную оценку размеров и живой массы племенных мини-свиней можно проводить в возрасте года, окончательную – в три года и старше;
- масса новорожденной особи, планируемой для племенного использования, должна быть не менее 600 г;
- многоплодие свиноматок должно соответствовать их живой массе;
- необходим жесткий отбор по материнским качествам;
- желательно поддерживать максимальное фенотипическое разнообразие, так как это позволяет сохранять в стаде разнообразие генетическое;
- для поддержания генетического разнообразия стада следует иметь максимально возможное количество хряков-производителей.

Заключение

В целом можно предположить, что в селекции мини-свиней главную роль играет не столько искусственный отбор, направленный на уменьшение размеров, сколько естественный отбор по приспособленности при отсутствии отбора по максимальной интенсивности роста. Этот естественный отбор направлен на оптимизацию работы адаптивных систем, ликвидацию или минимизацию негативных последствий искусственного отбора и инбридинга и, в конечном счете, на максимизацию приспособленности селекционной группы. Очевидно, в геноме домашних свиней можно условно выделить две связанные с доместикацией части – базовую и «надстройку». Базовая часть первична, она, вероятно, появилась несколько тысяч лет тому назад как ответ на изменение условий существования при одомашнивании и сохранилась до настоящего времени, в явном виде проявляясь у примитивных неприхотливых мелких пород, для которых характерна низкая, мало зависящая от условий кормления и содержания продуктивность (Кудрявцев, 1948; Петухов и др., 2010). Надстройка вторична, она появилась 250–300 лет тому назад как производное от базовой. Для формирования надстройки было необходимо обильное и полноценное кормление, а для ее сохранения – непрерывный искусственный стандартизирующий отбор. Проявлением действия надстройки стали высокопродуктивные формы домашней свиньи, которые зависят от условий внешней среды и искусственного отбора. В ненадлежащих условиях надстройка переходит в состояние нереализованной возможности, а при отсутствии стандартизирующего отбора она разрушается, оставляя после себя только базовую часть доместикационного генома.

При селекции мини-свиней искусственный отбор, направленный на уменьшение размеров, обеспечивает отсутствие отбора по признакам, поддерживаемым надстройкой. В результате происходит ее естественное разрушение и возврат к мелкой форме, детерминированной базовой частью доместикационного генома. Мини-свиньи – искусственно выведенная мелкая форма, поэтому у них могут сохраняться фрагменты надстройки, и этим они отличаются от своих естественных аналогов – примитивных пород, у которых надстройки не было изначально. Наблюдаемые в стаде мини-свиней ИЦиГ СО РАН весовые категории, а также способность давать при интенсивном кормлении привесы, превышающие привесы примитивных неулучшенных пород (Nikitin et al., 2014), вполне могут быть результатом действия уцелевших фрагментов надстройки.

Acknowledgements

This work was supported by State Budgeted Project 0324-2018-0016.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Список литературы / References

- Бекенёв В.А. Технология содержания и разведения свиней. СПб.: Лань, 2012.
[Bekenev V.A. Technology of Pig Keeping and Breeding. St. Petersburg: Lan Publ., 2012. (in Russian)]

- Животовский Л.А. Популяционная биометрия. М.: Наука, 1991.
[Zhivotovskiy L.A. Populational Biometry. Moscow: Nauka Publ., 1991. (in Russian)]
- Инструкция по бонитировке свиней. Главное управление животноводства (с Государственной инспекцией по племенному делу). М.: Колос, 1976.
[Instruction for Appraisal of Pigs. Main Department of Animal Husbandry and the State Inspectorate for Breeding. Moscow: Kolos Publ., 1976. (in Russian)]
- Иогансон И., Рендель Я., Граверт О. Генетика и разведение домашних животных. М.: Колос, 1970.
[Iohanson I., Rendel J., Gravert O. Genetics and Breeding of Farm Animals. Moscow: Kolos Publ., 1970. (in Russian)]
- Кабанов В.Д. Повышение продуктивности свиней. М.: Колос, 1983.
[Kabanov V.D. Increasing Pig Productivity. Moscow: Kolos Publ., 1983. (in Russian)]
- Кудрявцев П.Н. Племенное дело в свиноводстве. М.: ОГИЗ; Сельхозгиз, 1948.
[Kudryavtsev P.N. Breeding Business in Pig Husbandry. Moscow: OGIZ; Selkhozgiz, 1948. (in Russian)]
- Кулешов П.Н. Теоретические работы по племенному животноводству. М.: ОГИЗ; Сельхозгиз, 1947.
[Kuleshov P.N. The Theoretical Work on Herdbook Breeding. Moscow: OGIZ; Selkhozgiz, 1947. (in Russian)]
- Никитин С.В., Князев С.П. Отбор и адаптация в популяциях домашних свиней. Saarbrücken. Lambert Academy Publishing (LAP), 2015.
[Nikitin S.V., Knyazev S.P. Selection and Adaptation in Domestic Pig Populations. Saarbrücken. Lambert Academy Publ., 2015. (in Russian)]
- Никитин С.В., Князев С.П., Шатохин К.С., Гончаренко Г.М., Запорожец В.И., Ермолаев В.И. Ювенильные окраски мини-свиней селекции ИЦиГ СО РАН. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017;21(6):638-645. DOI 10.18699/VJ17.280.
[Nikitin S.V., Knyazev S.P., Shatokhin K.S., Goncharenko G.M., Zaporozhets V.I., Ermolayev V.I. Juvenile coat colours in mini-pigs at ICG. Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017;21(6):638-645. DOI 10.18699/VJ17.280. (in Russian)]
- Никитин С.В., Шатохин К.С., Князев С.П., Гончаренко Г.М., Запорожец В.И., Ермолаев В.И. Полиморфизм локусов масти у мини-свиней. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016; 20(5):584-595. DOI 10.18699/VJ16.180.
[Nikitin S.V., Shatokhin K.S., Knyazev S.P., Goncharenko G.M., Zaporozhets V.I., Ermolayev V.I. Polymorphic loci of coat color in mini-pigs. Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2016;20(5):584-595. DOI 10.18699/VJ16.180 (in Russian)]
- Петухов В.Л., Тихонов В.Н., Желтиков А.И., Короткевич О.С., Камалдинов Е.В., Фридчер А.А. Генофонд и фенотип сибирской северной породы и сибирской черно-пестрой породной группы свиней. Новосибирск: НГАУ, 2010.
[Petukhov V.L., Tikhonov V.N., Zheltikov A.I., Korotkevich O.S., Kamalidinov E.V., Fridcher A.A. The Gene and Phen Pools of the Siberian Northern Breed and the Siberian Black-and-White Breed Group of Pigs. Novosibirsk: NSAU Publ., 2010. (in Russian)]
- Понд У.Дж., Хаупт К.А. Биология свиньи. М.: Колос, 1983.
[Pond W.G., Haupt K.A. The Biology of the Pig. Cornell University Press, Ithaca, New York, 1983. (Russ. ed.: Pond U.Dj., Khaupt K.A. The Biology of the Pig. Moscow: Kolos Publ., 1983.)]
- Станкова Н.В., Савина М.А., Капанадзе Г.Д. Формирование новых линий светлогорских мини-свиней. Биомедицина. 2017;3:95-101.
[Stankova N.V., Savina M.A., Kapnadze G.D. The formation of new lines of Svetlogorsk minipigs. Biomeditsina = Biomedicine. 2017;3:95-101. (in Russian)]
- Стриовски Э. Мини-пиги (декоративные свинки). Содержание и уход. М.: Аквариум-Принт, 2008.
[Striovski E. MiniPigs (Pet pigs). Maintenance and Care. Moscow: Aquarium-Print Publ., 2008. (in Russian)]
- Тихонов В.Н. Лабораторные мини-свиньи. Генетика и медико-биологическое использование. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010.
[Tikhonov V.N. Laboratory Minipigs. Genetics and Biomedical Use. Novosibirsk: SB RAS Publ., 2010. (in Russian)]
- Шатохин К.С., Деева В.С., Гончаренко Г.М., Гришина Н.Б., Горячева Т.С., Акулич Е.Г., Кононенко Е.В., Ермолаев В.И., Никитин С.В. Генетические особенности миниатюрных свиней ИЦиГ СО РАН. Вестн. НГАУ. 2014a;30(1):75-81.
[Shatokhin K.S., Deeva V.S., Goncharenko G.M., Grishina N.B., Goryacheva T.S., Akulich E.G., Kononenko E.V., Yermolayev V.I., Nikitin S.V. Genetic features of minipigs from the Institute of Cytology and Genetics, Novosibirsk. Vestnik NGAU = Bulletin of the Novosibirsk State Agrarian University. 2014a;30(1):75-81. (in Russian)]
- Шатохин К.С., Запорожец В.И., Гончаренко Г.М., Никитин С.В. Характеристика миниатюрных свиней по экстерьерным и поведенческим показателям. Сиб. вестн. с.-х. науки. 2013;4:31-36.
[Shatokhin K.S., Zaporozhets V.I., Goncharenko G.M., Nikitin S.V. Characterization of minipigs with regard to their exterior and behavioral traits. Sibirskiy Vestnik Selskokozyaistvennoy Nauki = Siberian Herald of Agricultural Science. 2013;4:31-36. (in Russian)]
- Шатохин К.С., Князев С.П., Гончаренко Г.М., Никитин С.В. Влияние интродукции аллелей на состояние аллелофонда локусов систем групп крови в популяции миниатюрных свиней ИЦиГ СО РАН. Вестн. НГАУ. 2014b;33(4):119-124.
[Shatokhin K.S., Knyazev S.P., Goncharenko G.M., Nikitin S.V. The effect of allele introduction on the status of the allele pool of blood group system loci in the population of minipigs in the Institute of Cytology and Genetics, Novosibirsk. Vestnik NGAU = Bulletin of the Novosibirsk State Agrarian University. 2014b;33(4):119-124. (in Russian)]
- Шатохин К.С., Князев С.П., Ермолаев В.И., Гончаренко Г.М., Деева В.С., Запорожец В.И., Орлова К.С., Никитин С.В. Характеристика разнообразия мини-свиней ИЦиГ как биоресурса лабораторных животных. Вестн. НГАУ. 2016;41(4):67-74.
[Shatokhin K.S., Knyazev S.P., Ermolaev V.I., Goncharenko G.M., Deeva V.S., Zaporozhets V.I., Orlova K.S., Nikitin S.V. Biodiversity of ICG minipigs as laboratory bioresources. Vestnik NGAU = Bulletin of the Novosibirsk State Agrarian University. 2016; 41(4):67-74. (in Russian)]
- Andersson L., Plastow G. Molecular genetics of coat colour variation. In: Rothschild M.F., Ruvinsky A. (Eds.). The Genetics of the Pig. 2nd ed. CAB International, 2011;38-50.
- Bollen P.J.A., Madsen L.W., Meyer O., Ritskes-Hoitinga J. Growth differences of male and female Göttingen minipigs during *ad libitum* feeding: a pilot study. Lab. Anim. 2005;39(1):80-93.
- Fontanezi L., Russo V. Molecular genetics of coat colour in pigs. Acta Agriculturae Slovenica, Ljubljana. 2013;4:15-20.
- Nikitin S.V., Knyazev S.P., Shatokhin K.S. Miniature pigs of ICG as a model object for morphogenetic research. Russ. J. Genet.: Appl. Res. 2014;4(6):511-522.
- Nikitin S.V., Lobkov Yu.I. A lethal allele of gene *Spotted* (grey spots) in pigs. Russ. J. Genet. 1996;32(8):973-977.
- Rozkot M., Václavková E., Bělková J. Minipigs as laboratory animals – review. Res. Pig Breeding. 2015;9(2):10-14.
- Simianer H., Köhn F. Genetic management of the Göttingen Minipig population. J. Pharmacol. Toxicol. Methods. 2010;62:221-226.
- Stricker-Krongrad A., Shoemaker C.R., Pereira M.E., Gad S.C., Brocksmith D., Bouchard G.F. Miniature swine breeds in toxicology and drug safety assessments: what to expect during clinical and pathology evaluations. Toxicol. Pathol. 2016;44(3):421-427.