

Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 1 (41). С. 39-45  
Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2022; (1-41): 39-45

Научная статья  
УДК 636.4.082.12  
Код ВАК 06.02.07

DOI: 10.52463/22274227\_2022\_41\_39

## ГЕНОТИПИРОВАНИЕ СВИНОМАТОК ПО ГЕНАМ ГИПОФИЗАРНОГО ФАКТОРА ТРАНСКРИПЦИИ И МЕЛАНКОРТИНОВОГО РЕЦЕПТОРА 4 В СВЯЗИ С РЕПРОДУКТИВНЫМИ КАЧЕСТВАМИ

Александр Геннадьевич Максимов<sup>1✉</sup>, Никита Александрович Максимов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Донской государственный аграрный университет, Персиановский, Россия

<sup>1</sup>maksimovvv2014@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1526-8010>

<sup>2</sup>maksimovvv2014@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1949-6347>

**Аннотация.** Рентабельность свиноводства в первую очередь зависит от репродуктивных показателей свиней. Ее можно повысить классическими методами, однако это требует много времени и затрат. Применение достижений молекулярной генетики и биотехнологии позволяет повысить эффективность этой отрасли гораздо быстрее. **Цель исследования** – определить взаимосвязь между репродуктивными качествами свиней и их генотипами по генам гипофизарного фактора транскрипции и меланокортинового рецептора 4. **Методика.** Исследования проводились в условиях промышленного свинокомплекса Ростовской области на 24 помесных свиноматках ландрас х йоркшир по итогам всех опоросов. Определение генотипов маток по исследуемым генам (POU1F1, MC4R) проводили в лаборатории молекулярной диагностики и биотехнологии сельскохозяйственных животных Донского ГАУ. У животных учитывали: общее количество поросят, полученных при опоросе (гол.); многоплодие (гол.); количество мертворожденных (гол.); массу гнезда поросят при рождении (кг); крупноплодность (кг); количество поросят при отъеме в 28-дн. возрасте и их сохранность к отъему (гол.). **Результаты.** Частота аллелей генов: POU1F1P<sub>D</sub>=0,75, P<sub>C</sub>=0,25; MC4R-P<sub>D</sub>=0,625, P<sub>A</sub>=0,375. Частота генотипов: по гену POU1F1 генотип DD – 62,5%, CD – 25% и CC – 12,5%; по гену MC4RGG генотип – 41,67%, AG – 41,67% и AA – 16,67. По показателям воспроизводительной продуктивности лидировали матки генотипа – CD (по гену – POU1F1), свиньи DD генотипа находились на втором месте, а CC-матки оказались самыми худшими.

По гену MC4R лучшими показателями обладали GG-матки, а животные генотипа AA занимали промежуточное положение. Свиньи генотипа AG характеризовались низшими показателями по большинству репродуктивных качеств, за исключением сохранности поросят к отъему (%). **Научная новизна.** У свиней известен ряд генов, связанных с воспроизводительными качествами, это ESR, PRLR, FSHb. Влияние на эти показатели генов MC4R и POU1F1 недостаточно изучены. Чаще всего их связывают с мясной и откормочной продуктивностью. Однако некоторые исследователи полагают, что они могут влиять и на репродуктивные признаки. Причем важен не только генотип по этим генам, но и породность, а также то, какой селекции были эти животные. Полученные результаты можно использовать для генотипирования маток и хряков по генам MC4R и POU1F1 при проведении направленной селекции с целью улучшения воспроизводительных показателей.

**Ключевые слова:** помесные свиноматки, воспроизводительная продуктивность, генотипирование, маркерная селекция, многоплодие, масса гнезда и количество поросят при рождении, крупноплодность, сохранность к отъему.

**Для цитирования:** Максимов А.Г., Максимов Н.А. Генотипирование свиноматок по генам гипофизарного фактора транскрипции и меланокортинового рецептора 4 в связи с репродуктивными качествами // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 1 (41). С. 39-45. [https://doi.org/10.52463/22274227\\_2022\\_41\\_39](https://doi.org/10.52463/22274227_2022_41_39)

### Scientific article

## GENOTYPING OF SOWS BY GENES OF PITUITARY TRANSCRIPTION FACTOR AND MELANOCORTIN RECEPTOR 4 IN CONNECTION WITH THE REPRODUCTIVE QUALITIES

Aleksandr G. Maksimov<sup>1✉</sup>, Nikita A. Maksimov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Don State Agrarian University, Persianovsky, Russia

<sup>1</sup>maksimovvv2014@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1526-8010>

<sup>2</sup>maksimovvv2014@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1949-6347>

**Abstract.** The profitability of pig farming primarily depends on the reproductive performance of pigs. It can be improved by classical methods, but it takes a lot of time and costs. The application of the achievements of molecular genetics and biotechnology makes it possible to increase the efficiency of this industry much faster. **The aim of the research** is to determine the relationship between the reproductive qualities of pigs and their genotypes by the genes of the pituitary transcription factor and melanocortin receptor 4. **Methodology.** The research was carried out in the conditions of an industrial pig complex of

the Rostov region on 24 sows of Landrace x Yorkshire based on the results of all farrowing. The determination of the genotypes of queens by the studied genes (POU1F1, MC4R) was carried out in the laboratory of molecular diagnostics and biotechnology of agricultural animals of the Don State Agrarian University. In animals, the following were taken into account: the total number of piglets received during farrowing (heads); multiple births (heads); the number of stillbirths (heads); the weight of the piglets' nest at birth (kg); the average weight of one piglet at birth (kg); the number of piglets at weaning at 28 days of age and their safety

(%). **Results.** The frequency of alleles of genes: POU1F1 PD=0.75, PC=0.25; MCR - PG=0.625, PA=0.375. The frequency of genotypes: according to the POU1F1 gene, the DD genotype is 62.5%, CD - 25% and CC - 12.5%; according to the MC4R gene, the GG genotype is 41.67%, AG - 41.67% and AA - 16.67. In terms of reproductive productivity, sows with the CD genotype were in the lead (according to the POU1F1 gene), pigs of the DD genotype were in the second place, and CC-uterus were the worst. According to the MC4R gene, GG sows had the best indicators, and animals of the genotype - AA occupied an intermediate position. Pigs of the AG genotype were characterized by low indicators for most reproductive qualities, except for the safety of piglets for weaning (%). **Scientific novelty.** A number of genes related to reproductive qualities are known in pigs, these are ESR, PRLR, FSHb. The effect of the MC4R and POU1F1 genes on these indicators has not been sufficiently studied. And more often they are associated with

**Введение.** Одной из важнейших стратегических задач страны является ее пищевая безопасность. В условиях санкций, наложенных на Российскую Федерацию со стороны некоторых стран, эпидемии Covid-19 и общего спада мировой экономики необходимо уделять особое внимание развитию агропромышленного комплекса страны, и в особенности свиноводству, т.к. свинина – это полноценный по питательным свойствам и относительно недорогой вид мяса, доступный широким слоям населения. Более доступным может быть только мясо кур, однако оно характеризуется меньшей полноценностью.

Свиньи имеют ряд биологических особенностей, отличающих их от других видов сельскохозяйственных животных. Это скороспелость, причем не только откормочная и мясная, но и репродуктивная; всеядность; короткий срок супоросности (114-117 дн.); сравнительно низкие затраты корма на 1 кг прироста живой массы (3-4 к.ед.); высокий убойный выход (65-85, в зависимости от способа переработки и возраста при убое) и технологические свойства мяса. В связи с этим не случайно, что во многих развитых странах высок удельный вес свинины в общем балансе потребляемых видов мяса, а мероприятиям по повышению эффективности производства свинины придается особая роль [1, 2].

Эффективность свиноводства в основном зависит от продуктивности животных. Как правило, чем быстрее свинья набирает вес, тем меньше будут затраты кормов на 1 кг прироста живой массы. Однако, пожалуй, даже более важными являются репродуктивные показатели свиноматок и хряков-производителей, т.к. именно от их генетики зависит большинство хозяйственно-полезных признаков потомства [3].

Повышать рентабельность свиноводства можно и классическими методами, но они требуют больше времени и имеют определенный предел. Кроме этого, прямая селекция по репродуктивным показателям характеризуется

meat and fattening productivity. However, some researchers believe that they can also affect reproductive characteristics. Moreover, it is important not only the genotype of animals, but their pedigree, then what kind of selection these animals were. The results obtained can be used for genotyping queens and boars by the MC4R and POU1F1 genes during targeted breeding in order to improve reproductive performance.

**Keywords:** crossbred sows, reproductive productivity, genotyping, selection by marker genes, multiple births, nest weight and number of piglets at birth, average weight of piglets at birth, number of live piglets at weaning.

**For citation:** Maksimov A.G., Maksimov N.A. Genotyping of sows by genes of pituitary transcription factor and melanocortin receptor 4 in connection with the reproductive qualities. Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2022; (1-41): 39-45. (In Russ) [https://doi.org/10.52463/22274227\\_2022\\_41\\_39](https://doi.org/10.52463/22274227_2022_41_39)

относительно низкой эффективностью, т.к. эти признаки имеют низкий коэффициент наследуемости в размере всего лишь 10-15% [4].

Поэтому возникает необходимость поиска и использования новых методов совершенствования хозяйственно-полезных признаков животных. Последние открытия молекулярной генетики и современные тенденции развития различных отраслей животноводства предусматривают использование методов, основанных на применении ДНК-технологий. Многие ученые, занимающиеся улучшением репродуктивной, откормочной, мясной и других разновидностей продуктивности разных видов животных, говорят о том, что лишь генотипирование позволит выполнить эту задачу в наиболее кратчайшие сроки [5-13].

ДНК-генотипирование позволяет устанавливать гены, связанные с продуктивными показателями животных, что позволяет вести селекцию напрямую по генотипу. Такая селекция позволяет оценить животных в раннем возрасте независимо от пола и повышать эффективность селекционно-племенной работы [14].

В настоящее время у свиней известен ряд генов, связанных с воспроизводительной продуктивностью. Наиболее изученными являются: ген эстрогенового рецептора, рецептора пролактина и фолликулостимулирующего гормона. В Канаде, США и большинстве развитых стран Евросоюза генотипы по этим генам указываются в племенных карточках животных для того, чтобы зооинженеры могли эффективнее проводить селекционно-племенную работу по отбору и подбору хряков и маток для спаривания.

Кроме вышеперечисленных генов интерес также представляют гены меланокортина рецептора 4 (MC4R) и гипофизарного фактора транскрипции (POU1F1), т.к. их связь с воспроизводительной продуктивностью свиней пока еще мало изучена. Известно, что эти гены оказывают влияние на мясные и откормочные качества,

цвет кожи (интересно, что у животных белой масти обычно более высокие показатели репродуктивных качеств), уровень аппетита и энергию роста. Но некоторые исследователи полагают, что они могут влиять и на репродуктивные качества [15]. В этом случае значение имеет не только генотип, но и породная принадлежность, а также то, какой селекции были эти животные (датской, канадской и т.д.).

Цель исследований – установить генотипы участвующих в опыте свиноматок по исследуемым генам (POU1F1 и MC4R) и определить их взаимосвязь с репродуктивными качествами.

Для этого были поставлены задачи: определить генотипы подопытных животных, частоту аллелей и генотипов; проанализировать их репродуктивные показатели; найти связь между воспроизводительной продуктивностью маток и их генотипом.

**Методика.** Исследования проводили в промышленном свиномкомплексе ЗАО «Русская свинина» Каменского района Ростовской области на 24 помесных матках ландрас х йоркшир (аналогов по происхождению, росту и развитию) по итогам всех имеющихся на дату проведения опыта опоросов. Для определения генотипов по генам POU1F1 и MC4R у подопытных маток брали пробы крови из яремной вены и направляли в лабораторию молекулярной диагностики и биотехнологии сельскохозяйственных животных Донского государственного аграрного университета. Генотипирование проводилось по методике К. Мюллера, усовершенствованной К. Boometal. и модифицированной Н.В. Ковалюк.

Ген гипофизарного фактора транскрипции (POU1F1, или PIT1, GHF-1) локализован на хромосоме 13 (SSC13). Три полиморфизма POU1F1 были обнаружены YU. и др. (1993, 1994) с помощью эндонуклеаз BamHI, MspI и RsaI.

Этот ген является регулирующим транскрипционным фактором передней доли гипофиза, который эффективно стимулирует экспрессию генов гормона роста, пролактина и тиротропного гормона. POU1F1 является локусом количественных признаков (QTL) – темпа роста и упитанности туши. ПЦР-ПДРФ анализ фрагмента 1746 п.н. гена POU1F1, включающего 4, 5 и 6 экзоны, проводили с использованием рестриктазы RsaI. Полиморфизм гена обусловлен точечной мутацией, приводящей к образованию двух аллелей – E и F. Размер полученных рестрикционных фрагментов и генотипы определяли методом электрофореза в 2,5%-м агарозном геле с добавлением бромистого этидия.

Визуализацию электрофореграмм проводили на трансиллюминаторе в УФ-свете. Рестриктаза RsaI расщепляет ПЦР-продукт на фрагменты 332, 388 и 730 п.н., что соответствует генотипу FF; 710 и 730 п.н. – генотипу EE; 322, 388, 710 и 730 п.н. – генотипу EF.

MC4R (ген меланокортинового рецептора 4) участвует в регулировании энергетического гомеостаза, его действие связано с потреблением корма, скороспелостью и упитанностью животных. Мутация SNP (rs 81219178) в гене MC4R приводит к изменению аминокислотного состава рецептора (Asp 298 Asn), что нарушает проведение гормонального сигнала лептина через рецептор меланокортина-4 и влияет на признаки, определяющие продуктивность животного. Механизмы этого действия до конца не изучены, но на основании имеющихся литературных данных можно заключить, что некоторые особенности данного процесса реализуются при взаимодействии MC4R с системой лептина [16].

Жировая ткань играет активную роль в регуляции энергетического гомеостаза организма, действуя как эндокринный орган. Изменения в этом обмене считаются важными для пубертатного перехода в репродуктивной функции. Лептин увеличивает секрецию гонадотропных гормонов, которые необходимы для инициации и поддержания нормальной репродуктивной функции [17, 18].

На основании вышеперечисленных особенностей, ген MC4R может оказывать влияние на репродуктивные качества свиней. Однако анализ литературных источников показал, что, как правило, все работы посвящены откормочным и мясным качествам, в то время как влияние данного гена на репродуктивные качества свиней практически не изучены [19].

Ген MC4R у свиней локализован в хромосоме 1 (SSC1). Последовательность гена была представлена в Genbank под регистрационным номером AF087937. Полиморфизм MC4R определяли в позиции 1426. Анализ последовательности, проведенный с помощью рестриктазы TaqI, показал одонуклеотидную замену G→A. Миссенс-мутация, сопровождающаяся изменением аминокислотного состава (аспарагин/аспарагиновая кислота). Выявлены 2 аллеля MC4R: A (Asn 298 – AAU), и G (Asn 298 – GAU).

Для выделения ДНК из образцов крови свиней использовали набор DIALOM DNA Prep 100 («Изоген», Россия). Для определения генотипов гена MC4R получали специфический фрагмент – амплификат ДНК и с помощью рестрик-

тазы Tag I получали фрагменты различной длины. При наличии мутации фермент не разрезает выделенный фрагмент и на геле регистрируется одна полоса – 226 п.н., что соответствует генотипу AA. Если амплификат ДНК расщепляется на 2 части, то на нем видны две полосы – 156 и 70 п.н., следовательно, мутация в нем отсутствует, такая проба соответствует генотипу GG, три полосы – 226, 156 и 70 п.н. – гетерозиготному генотипу AG. Анализ образующихся фрагментов проводили методом электрофореза в 2%-м агарозном геле с добавлением бромистого этидия.

У подопытных маток учитывалось общее количество поросят, полученных при опоросе (гол.), многоплодие (гол.), количество мертворо-

жденных (гол.), масса гнезда поросят при рождении (кг), крупноплодность (кг), количество поросят при отъеме в 28-дн. возрасте (гол.), а также их сохранность к отъему (%).

Частоты генотипов и аллелей определяли общепринятым методом. Полученные результаты были обработаны биометрически на компьютере с применением программы Excel.

**Результаты.** Проведенными исследованиями установлено (таблица), что по гену рецептора меланокортина 4 (MC4R) 41,67% маток (10 гол.) имели GG генотип, 41,67% генотип AG (10 гол.), а 16,67% (4 гол.) имели AA-генотип. Частота аллеля G ( $P_G$ ) = 0,625;  $P_A$  = 0,375.

По большинству воспроизводительных

Таблица – Репродуктивные показатели помесных свиноматок разных генотипов

Генотип по генам	Количество маток, гол.	Число опоросов	Получено всего поросят, гол.	Многоплодие, гол.	Мертворожденных, гол.	Масса гнезда поросят при рождении, кг	Крупноплодность, кг	Количество поросят при отъеме, гол.	Сохранность поросят к отъему, %
<b>MC4R</b>									
GG	10	59	11,75±0,31	11,69±0,31	0,05±0,05	13,51±0,38	1,15±0,02	11,08±0,31	94,78
AG	10	48	9,90±0,31	9,73±0,29	0,17±0,10	10,76±0,38	1,10±0,02	9,25±0,22	95,07
AA	4	18	11,50±0,20	11,50±0,20	0,00±0,00	13,09±0,24	1,14±0,01	10,89±0,20	94,70
<b>POU1F1</b>									
DD	15	77	10,52±0,24	10,42±0,24	0,11±0,06	11,77±0,33	1,13±0,01	9,83±0,19	94,34
CD	6	37	12,32±0,38	12,24±0,37	0,08±0,08	14,16±0,39	1,15±0,02	11,76±0,40	96,08
CC	3	10	8,70±0,26	8,70±0,26	0,00±0,00	9,54±0,33	1,09±0,02	8,60±0,26	98,85

качеств лидировали матки GG-генотипа, превышавшие AA- и AG-маток по: количеству поросят, полученных при рождении, на 0,25 и 1,85 гол.; многоплодию – на 0,19 и 1,96 гол.; массе гнезда поросят при рождении – на 0,42 и 2,75 кг; крупноплодности – на 0,01 и 0,05 кг, а также по количеству поросят при отъеме – на 0,19 и 1,83 гол. соответственно.

Свиноматки генотипа AA занимали промежуточное положение, но они ощутимо превышали продуктивность AG-маток по количеству поросят, полученных при рождении на 1,6 гол.; многоплодию – на 1,77 гол.; массе гнезда поросят при рождении – на 2,33 кг; крупноплодности – на 0,04 кг и количеству поросят при отъеме – на 1,64 гол.

У маток AA генотипа не было мертворожденных поросят, но это было недостоверно. Этот показатель у GG-маток составлял 0,05 гол., а у AG-особей – 0,17 гол.

Свиноматки генотипа AG отличались незначительным превосходством над GG и AA жи-

вотными только по сохранности поросят к отъему: 95,07% у AG в сравнении с 94,78 и 94,70% у GG и AA-свиной соответственно.

Это согласуется с результатами эксперимента Зинатовой Ф.Ф. с соавторами (2015). В этом опыте свиноматки крупной белой породы голландской селекции, имевшие GG-генотип (MC4R), имели лучшие репродуктивные качества, а сохранность поросят к отъему составляла 94% [20].

В исследованиях И.М. Чернуха, О.А. Ковалева, Н.Г. Друшляк и соавторов (2015), проведенном в ООО «Озерский свинокомплекс», при анализе полиморфизма гена MC4R у чистопородных свиней не было выявлено носителей генотипа AA, у йоркширов AG и GG-генотипов – 40 и 60%, ландрас и дюрок – 50 и 50% соответственно. У гибридов ИхЛ AA-генотипа – 7,7, AG – 30,8 и GG – 61,5%, а у ЛхЙхД соответственно 20, 48 и 32%. Частота встречаемости аллеля А у исследуемых животных 0,2-0,438, аллеля G – от 0,562 до 0,8, при этом наиболее высокая частота

встречаемости аллеля G характерна для чистопородных свиней и 2-х породных гибридов ИхЛ. Трехпородные гибриды ЛхИхД характеризовались более высокой частотой встречаемости аллеля A (0,438) по сравнению с остальными породами [21].

В опыте, проведенном ранее Гетманцевой Л.В. с соавторами, у свиноматок крупной белой породы по гену MC4R наибольшую частоту имел AA-генотип, а частота аллелей A и G составила 0,89 и 0,11, соответственно [18].

В эксперименте Леоновой М.А., Святогоровой А.Е. (2014) у свиней породы ландрас по гену MC4R в качестве «желательного» выступает генотип AA. Эти матки, относительно аналогов генотипа AG/MC4R, имели превосходство по количеству поросят при рождении на 1,4 гол., многоплодию 1,3 гол. и массе гнезда при рождении 2,2 кг [19].

В нашем опыте по POU1F1-гену (PIT-1 или GHF-1, гипофизарный транскрипционный фактор 1) DD-генотип имели 62,5% маток (15 гол.), CD – 25% (6 гол.) и CC – 12,5% (3 гол.). Частота аллеля D ( $P_D$ ) = 0,75,  $P_C$  = 0,25.

По большинству репродуктивных показателей лидировали матки генотипа CD, имевшие количество поросят, полученных при рождении – 12,32 гол., многоплодие – 12,24 гол., массу гнезда поросят при рождении – 14,16 кг, крупноплодность – 1,15 кг, количество поросят при отъеме – 11,76 гол. Матки CD превосходили своих DD и CC сверстниц по: количеству поросят, полученных при рождении, на 1,8 и 3,62 гол., многоплодию – на 1,82 и 3,54 гол., массе гнезда поросят при рождении – на 2,39 и 4,62 кг, крупноплодности – на 0,02 и 0,06 кг, количеству поросят при отъеме – на 1,93 и 3,16 гол. соответственно.

DD-матки занимали второе место по воспроизводительным показателям, превосходя маток CC по количеству поросят, полученных при рождении (на 1,82 гол.), многоплодию (на 1,72 гол.), массе гнезда поросят при рождении (на 2,23 кг), крупноплодности (на 0,04 кг), количеству поросят при отъеме (на 1,23 гол.)

У свиноматок CC-генотипа были самые низкие показатели воспроизводительных качеств. Однако у них не было мертворожденных поросят при рождении по сравнению с 0,08 гол. у CD и 0,11 гол. у маток DD-генотипа. Кроме этого, наивысшая сохранность поросят к отъему также наблюдалась у CC-маток (98,85%), превышавших DD (94,34%) и CD (96,08%) животных на 4,51 и 2,77% соответственно.

По сообщению Гетманцевой Л.В. с соавто-

рами (2017), частота генотипов по гену POU1F1 в опыте, проведенном на свиньях породы ландрас, составила AA – 80% (n=64), AB – 20% (n=16) и BB – 0%; дюрок: AA – 100% (n=100); у помесных свиней (ландрас × крупная белая) AA – 63% (n=121), AB – 29% (n=56), BB – 8% (n=15) [22].

**Выводы.** Частота аллелей и генотипов подопытных свиноматок составила: по POU1F1-гену  $P_D$  = 0,75,  $P_C$  = 0,25, DD-генотипом обладали 62,5% особей (15 гол.), CD – 25% (6 гол.), а CC – 12,5% (3 гол.); по MC4R-гену  $P_G$  0,625, аллель A ( $P_A$ )=0,375, генотипа GG – 41,67% (10 гол.), AG – 41,67% (10 гол.) и AA – 16,67% (4 гол.) животных.

По POU1F1-гену лучшими репродуктивными показателями характеризовались CD-матки, превышавшие маток DD и CC по количеству поросят, полученных при рождении на 1,8 и 3,62 гол., многоплодию – 1,82 и 3,54 гол., массе гнезда поросят при рождении – 2,39 и 4,62 кг, крупноплодности – 0,02 и 0,06 кг, количеству поросят при отъеме – 1,93 и 3,16 гол. соответственно.

Матки генотипа DD занимали второе место по воспроизводительным показателям, превышая CC-маток по количеству поросят, полученных при рождении, на 1,82 гол., многоплодию – 1,72 гол., массе гнезда поросят при рождении – 2,23 кг, крупноплодности – 0,04 кг, количеству поросят при отъеме – 1,23 гол.

Особи генотипа CC характеризовались низкими показателями воспроизводительных качеств. Однако у них не было мертворожденных потомков, против 0,08 гол. у CD и 0,11 гол. у DD-маток. Кроме этого, наивысшая сохранность поросят к отъему также наблюдалась у CC-маток (98,85%), превышавших DD (94,34%) и CD (96,08%) особей на 4,51 и 2,77% соответственно.

Наиболее желательным по MC4R-гену оказался GG-генотип, т.к. эти матки превосходили животных AA- и AG-генотипов по: количеству поросят, полученных при рождении, на 0,25 и 1,85 гол.; многоплодию – на 0,19 и 1,96 гол.; массе гнезда поросят при рождении – на 0,42 и 2,75 кг; крупноплодности – на 0,01 и 0,05 кг, а также по количеству поросят при отъеме – на 0,19 и 1,83 гол. соответственно.

Матки AA-генотипа занимали промежуточное положение. Они не имели мертворожденных поросят, хотя это было недостоверно. Матки генотипа AG незначительно превосходили GG- и AA-маток по сохранности поросят к отъему.

Полученные нами результаты можно применять для генотипирования маток и хряков по изученным генам (MC4R и POU1F1) при проведении селекции, направленной на улучшение

воспроизводительных качеств.

Необходимо продолжать вести исследования по поиску генов-маркеров продуктивности свиней и других видов животных для включения их в систему направленного отбора, так как только генотипирование животных по генам, связанным с хозяйственно-полезными качествами, позволит ускорить селекционный прогресс, сократить сроки, стоимость и повысить точность оценки племенных качеств животных.

#### Список источников

1 Промышленное скрещивание и гибридизация в свиноводстве: монография / Г.В. Максимов [и др.]. Персиановский: ДонГАУ, 2016. 240 с.

2 Немиров В.А. Гематологические показатели и воспроизводительная способность свиней разного генотипа // Вестник Курганской ГСХА. 2015. № 3 (15). С. 31-34.

3 Плясунов Е.Д., Матросова Ю.В. Влияние генотипа на воспроизводительные качества свиноматок и показатели роста поросят // Вестник Курганской ГСХА. 2020. № 1 (33). С. 45-47.

4 Максимов А.Г., Максимов Н.А. ДНК-генотипирование свиноматок ландрас х йоркшир и их репродуктивные качества // Вестник Курганской ГСХА. 2021. № 1 (37). С. 23-27.

5 Оценка продуктивных качеств свиней пород йоркшир и ландрас по генам PRKAG3, MC4R и MYOD1 / А.А. Бальников [и др.] // Генетика и разведение животных. 2021. № 2. С. 28-35. doi:10.31043/2410-2733-2021-2-28-35.

6 Габидулин В.М., Алимова С.А., Тюлебаев С.Д. Современные методы эффективного использования генофонда абердин-ангусского скота австрийской селекции с использованием ДНК-маркеров // Вестник Курганской ГСХА. 2017. № 2 (22). С. 28-30.

7 Сафина Н.Ю. Характеристика биологической эффективности и полноценности молочной продуктивности голштинских коров-первотелок с разными генотипами лептина (LEP) // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4. С. 131-133.

8 Телегина Е.Ю. Секвенирование гена MYOD1 у овец породы манчестерский меринос и оценка влияния аллелей на продуктивные показатели // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 40-44.

9 Полиморфизм гена CAST, особенности жирнокислотного состава липидов крови овец разных генотипов в онтогенезе / Л.Н. Чижова [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 6. С. 47-51.

10 Чижова Л.Н., Суржикова Е.С., Михайленко Т.Н. Оценка генетического профиля молодняка крупного рогатого скота мясных пород на основе ДНК-диагностики по генам CAPN1, GH, TG, LEP // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 5. С. 159-165.

11 Maximov A., Maximov G., Vasilenko V., Svinarev I. Determining genotypes of 3-breed pig hybrids by

marker genes and their interrelation with meat productivity // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2019. Vol. 25. № 4. Pp. 782-794.

12 Analysis of Homozygous-by-Descent (HBD) Segments for Purebred and Crossbred Pigs in Russia / S. Bakoev [et al.] // Life. 2021. № 11 (8). P. 861.

13 Getmantseva L.V. Polymorphisms in several porcine genes are associated with growth traits // American Journal of Animal and Veterinary Sciences. 2016. № 11 (4). Pp. 136-141.

14 Зиновьева Н.А. ДНК-технологии в свиноводстве // Главный зоотехник. 2010. № 10. С. 12-14.

15 Гетманцева Л.В., Михайлов Н.В. Молекулярная диагностика в свиноводстве // Актуальные проблемы производства свинины в Российской Федерации: материалы XXVIII заседания координационного совета по свиноводству и Международной научно-практической конференции. Персиановский: ДонГАУ, 2013. С. 64-66.

16 Гетманцева Л. В. Молекулярно-генетические аспекты селекции животных // Молодой ученый. 2010. № 12 (23). Т. 2. С. 199-201.

17 Третьякова О.Л., Колосов А.Ю., Федин Г.И. Инновационные технологии в животноводстве // Вестник аграрной науки Дона. 2013. № 2 (22). С. 87-94.

18 Effect of melanocortin-4 receptor gene on growth and meat traits in pigs raised in Russia / A.A. Klimenko [et al.] // American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 2014. Vol. 9(2). Pp. 232-237.

19 Леонова М.А., Святогорова А.Е. Воспроизводительные качества свиней породы ландрас разных генотипов по генам PRLR и MC4R // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 103 (09). С. 1006-1015.

20 Зиннатова Ф.Ф., Шакиров Ш.К., Зиннатов Ф.Ф. Воспроизводительные способности свиноматок с различными генотипами генов ECRF18/ FUT1, MC4R, ESR, RYR1 // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2015. № 4. С. 176-179.

21 Возможности маркерной селекции свиней по хозяйственно и технологически ценным признакам / И.М. Чернуха [и др.] // Свиноводство. 2015. № 4. С. 14-18.

22 Effect of polymorphisms in intron 1 of the swine POU1F1 gene on growth and reproductive traits / L. Getmantseva [et al.] // Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 2017. Vol. 41 (5). Pp. 643-647. doi:10.3906/vet-1702-77.

#### References

1 Maximov G.V. et al. Promyshlennoe skreshchivanie i gibridizatsiya v svinovodstve [Industrial crossing and hybridization in pig breeding]: monograph. Persianovsky: DonGAU; 2016. (In Russ).

2 Nemirov V.A. Gematologicheskie pokazately i vosproizvoditel'naya sposobnost' svinei raznogo genotipa [Hematological parameters and reproductive ability of pigs of different genotypes]. Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2015; (3-15): 31-34. (In Russ).

3 Plyasunov E.D., Matrosova Yu.V. Vliyanie genotipa na vosproizvoditel'nye kachestva svinomatok i pokazately rosta porosyat [The influence of the genotype on the reproductive qualities of sows and the growth

rates of piglets]. Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2020; (1-33): 45-47. (In Russ).

4 Maksimov A.G., Maksimov N.A. DNK-genotipirovanie svinomatok landras kh iorkshir i ikh reproduktivnye kachestva [DNA genotyping of landrace x Yorkshire sows and their reproductive qualities]. Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2021; (1-37): 23-27. (In Russ).

5 Balnikov A.A. et al. Otsenka produktivnykh kachestv svinei porod iorkshir i landras po genam PRKAG3, MC4R i MYOD1 [Evaluation of the productive qualities of Yorkshire and Landrace pigs by genes PRKAG3, MC4R and MYOD1]. Genetics and breeding of animals. 2021; (2): (28-35). doi: 10.31043/2410-2733-2021-2-28-35. (In Russ).

6 Gabidulin V.M., Alimova S.A., Tyulebaev S.D. Sovremennye metody effektivnogo ispol'zovaniya genofonda aberdin-angusskogo skota avstriiskoi selektsii s ispol'zovaniem DNK-markerov [Modern methods of effective use of the gene pool of Austrian breeding Aberdeen-Angus cattle using DNA markers]. Vestnik Kurganskoy GSKhA. 2017; (2-22): 28-30. (In Russ).

7 Safina N.Yu. Kharakteristika biologicheskoi effektivnosti i polnotsennosti molochnoi produktivnosti golishtinskih korov-pervotelok s raznymi genotipami leptina (LEP) [Characteristics of the biological effectiveness and usefulness of milk production of Holstein first-calf cows with different genotypes of leptin (LEP)]. Vestnik of Kursk State Agricultural Academy. 2018; (4): 131-133. (In Russ).

8 Telegina E.Yu. Sekvenirovanie gena MYOD1 u ovets породы manychskii merinos i otsenka vliyaniya allelei na produktivnye pokazateli [Sequencing of the MYOD1 gene in sheep of the Manych merino breed and assessing the effect of alleles on productive indicators]. Vestnik of Kursk State Agricultural Academy. 2018; (1): 40-44. (In Russ).

9 Chizhova L.N. et al. Polimorfizm gena CAST, osobennosti zhirnokislотного состава липидов крови овцев разных генотипов v ontogeneze [CAST gene polymorphism, peculiarities of fatty acid composition of blood lipids of sheep of different genotypes in ontogenesis]. Vestnik of Kursk State Agricultural Academy. 2020; (6): 47-51. (In Russ).

10 Chizhova L.N., Surzhikova E.S., Mikhailenko T.N. Otsenka geneticheskogo profilya molodnyaka krupnogo rogatogo skota myasnykh porod na osnove DNK-diagnosticski po genam CAPN1, GH, TG, LEP [Assessment of the genetic profile of young cattle of beef breeds based on DNA diagnostics by genes CAPN1, GH, TG, LEP]. Vestnik of Kursk State Agricultural Academy. 2020; (5): 159-165. (In Russ).

11 Maximov A., Maximov G., Vasilenko V., Svinarev I. Determining genotypes of 3-breed pig hybrids by marker genes and their interrelation with meat productivity. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2019; (25-4): 782-794.

12 Bakoev S. et al. Analysis of Homozygous-by-Descent (HBD) Segments for Purebred and Crossbred Pigs in Russia. Life. 2021; (11-8): 861.

13 Getmantseva L.V. Polymorphisms in several porcine genes are associated with growth traits. American Journal of Animal and Veterinary Sciences. 2016; (11-4): 136-141.

14 Zinovieva N.A. DNK-tehnologii v svinovodstve [DNA technology in pig breeding]. Glavnyi zootekhnik. 2010; (10): 12-14. (In Russ).

15 Getmantseva L.V., Mikhailov N.V. Molekulyarnaya diagnostika v svinovodstve [Molecular diagnostics in pig breeding]. Proceedings of the XXVIII meeting of the coordinating council on pig breeding and the International scientific and practical conference "Actual problems of pork production in the Russian Federation". Persionovskiy. 2013: 64-66. (In Russ).

16 Getmantseva L.V. Molekulyarno-geneticheskie aspekty selektsii zhivotnykh [Molecular genetic aspects of animal breeding]. Young scientist. 2010; 2 (12-23): 199-201. (In Russ).

17 Tretyakova O.L., Kolosov A.Yu., Fedin G.I. Innovatsionnye tehnologii v zhivotnovodstve [Innovative technologies in animal husbandry]. Don agrarian science bulletin. 2013; (2-22): 87-94. (In Russ).

18 Klimentko A.A. et al. Effect of melanocortin-4 receptor gene on growth and meat traits in pigs raised in Russia. American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 2014; (9-2): 232-237.

19 Leonova M.A., Svyatogorova A.E. Vosproizvoditel'nye kachestva svinei породы landras raznykh genotipov po genam PRLR i MC4R [Reproductive qualities of Landrace pigs of different genotypes for the PRLR and MC4R genes]. Scientific Journal of KubSAU. 2014; (103-09): 1006-1015. (In Russ).

20 Zinnatova F.F., Shakirov Sh.K., Zinnatov F.F. Vosproizvoditel'nye sposobnosti svinomatok s razlichnymi genotipami genov ECRF18/ FUT1, MC4R, ESR, RYR1 [Reproductive abilities of sows with different genotypes of ECRF18 / FUT1, MC4R, ESR, RYR1 genes]. Regulatory Issues in Veterinary Medicine. 2015; (4): 176-179. (In Russ).

21 Chernukha I.M. et al. Vozmozhnosti markernoi selektsii svinei po khozyaistvenno i tehnologicheski tsennym priznakam [Possibilities of marker selection of pigs for economically and technologically valuable traits]. Pigbreeding. 2015; (4): 14-18. (In Russ).

22 Getmantseva L. et al. Effect of polymorphisms in intron 1 of the swine POU1F1 gene on growth and reproductive traits. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 2017; (41-5): 643-647. doi:10.3906/vet-1702-77.

#### Информация об авторах

А.Г. Максимов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; AuthorID: 374850.

Н.А. Максимов – аспирант.

#### Information about the authors

A.G. Maksimov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor; AuthorID: 374850.

N.A. Maksimov – Postgraduate student.

Статья поступила в редакцию 29.11.2021; одобрена после рецензирования 24.12.2021; принята к публикации 24.02.2022.

The article was submitted 29.11.2021; approved after reviewing 24.12.2021; accepted for publication 24.02.2022.