

Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных
Breeding, Selection, Genetics and Biotechnology of Animals

Научная статья

УДК 636.4

doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-79-87

Совершенствование методов оценки свиней породы дюрок

Александра Евгеньевна Святогорова^{✉1}, Ольга Леонидовна Третьякова²,
Наталья Николаевна Колосова³, Николай Алексеевич Святогоров⁴

¹Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал
Федерального Ростовского аграрного научного центра, улица Институтская, поселок Рассвет,
Ростовская область, Россия, 1346735

^{2,3,4}Донской государственный аграрный университет, улица Кривошлыкова, 24, поселок
Персиановский, Ростовская область, Россия, 346493

^{✉1}sviatogorova.a@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4233-1740>

²tretiakova.olga2013@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0295-8939>

³kolosov-dgau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1504-0617>

⁴sviatogorov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2495-6969>

Аннотация. Исследования проводились согласно тематического плана НИР ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет» по теме «Разработать эффективные молекулярно-генетические методы прогнозирования, повышения и реализации генетического потенциала продуктивности, резистентности, устойчивости к заболеваниям сельскохозяйственных животных». Цель исследования – проведение оценки продуктивного потенциала животных на основе взаимосвязи генов-маркеров с откормочными и мясными качествами свиней породы дюрок. Получены новые данные о полиморфизме генов *POU1F1/RsaI*, *MC4R/TagI* и *LEPR/HpaII* в популяциях свиней породы дюрок. Дана оценка частоты встречаемости аллелей для хрячков и свинок. Проведен сравнительный анализ откормочных и мясных качеств свиней гомозиготных и гетерозиготных генотипов. Выявлено влияние различных аллелей генов *POU1F1/RsaI*, *MC4R/TagI* и *LEPR/HpaII* на откормочные и мясные качества свиней породы дюрок. Предложен способ оценки консолидации линий, позволяющий создать конкурентно-способных животных, соответствующих стандарту отцовских линий, способных стойко передавать потомству высокие продуктивные качества. Разработаны тест-системы для определения полиморфизма генов *POU1F1*, *MC4R* и *LEPR*. Составлены селекционные индексы, разработана система индексной оценки свиней для модуля «Индексной оценки» компьютерной программы «АСС».

Ключевые слова: полиморфизм, гены *POU1F1/RsaI*, *MC4R/TagI* и *LEPR/HpaII*, свиньи породы дюрок, отбор, селекционные индексы

Для цитирования. Святогорова А. Е., Третьякова О. Л., Колосова Н. Н., Святогоров Н. А. Совершенствование методов оценки свиней породы дюрок // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2024. № 4(46). С. 79–87. doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-79-87

Original article

Improving Assessment Methods of Duroc Pigs

Alexandra E. Svyatogorova^{✉1}, Olga L. Tretyakova², Natalia N. Kolosova³,
Nikolai A. Svyatogorov⁴

¹North-Caucasian Zonal Research Veterinary Institute – Branch of the Federal Rostov Agrarian Scientific Center, Institutskaya Street, Rassvet Village, Rostov Region, Russia, 1346735

^{2,3,4}Don State Agrarian University, 24 Krivoshlykov Street, Persianovsky Village, Rostov Region, Russia, 3464931

^{✉1}svyatogorova.a@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4233-1740>

²tretyakova.olga2013@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0295-8939>

³kolosov-dgau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1504-0617>

⁴sviatogorov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2495-6969>

Abstract. The studies were conducted in accordance with the thematic plan of research of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Don State Agrarian University" on the topic "Development of effective molecular genetic methods for forecasting, increasing and implementing the genetic potential of productivity, resistance, and resistance to diseases of farm animals". The aim of the study was to assess the productive potential of animals based on the relationship of marker genes with fattening and meat qualities of Duroc pigs. New data were obtained on the polymorphism of the POU1F1/RsaI, MC4R/TagI and LEPR/HpaII genes in Duroc pig populations. An assessment was made of the frequency of alleles for boars and sows. A comparative analysis of fattening and meat qualities of pigs of homozygous and heterozygous genotypes was conducted. The influence of different alleles of the POU1F1/RsaI, MC4R/TagI and LEPR/HpaII genes on fattening and meat qualities of Duroc pigs has been revealed. A method for assessing line consolidation has been proposed, allowing the creation of competitive animals that meet the paternal line standard and are capable of consistently transmitting high productive qualities to their offspring. Test systems have been developed to determine the polymorphism of the POU1F1, MC4R and LEPR genes. Selection indices have been compiled, and a system for index assessment of pigs has been developed for the Index Assessment module of the ACC computer program.

Keywords: polymorphism, POU1F1/RsaI, MC4R/TagI and LEPR/HpaII genes, Duroc pigs, selection, breeding indices

For citation. Svyatogorova A.E., Tretyakova O.L., Kolosova N.N., Svyatogorov N.A. Improving Assessment Methods of Duroc Pigs. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;4(46):79–87. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-4-46-79-87

Введение. Значительный вклад в развитие популяционной генетики и методологии использования математического аппарата внесли С.С. Четвериков, С. Райт, Р. Фишер, Дж. Холдейн. Дальнейшее развитие методологии исследовательской деятельности позволило расширить и углубить знания о наследуемости признаков [1–3]. Значительный скачок в развитии генетики и селекции животных был сделан в области цитоплазматической наследуемости. Исследование информации о маркерных генах нашло широкое применение в диагностике заболеваний, создании новых методов, позволяющих более точно определить племенную ценность животных [4–8].

Новые генетические методы оценки животных основаны на уточнённой и расширенной информации о полиморфизме генов, что дополняет традиционные методы оценки по фенотипу, родословной, потомству и позволяет более точно определить племенную ценность особи [3, 4, 9].

Степень точности оценки племенных качеств имеет большое значение для селекционной работы со стадами. Современные индустриальные животноводческие предприятия используют генетический материал, полученный в результате крупномасштабной селекции, основу которой составляет отбор

проверенных по качеству потомства выдающихся производителей. Максимальное их использование по получению спермы и созданию банка семени. Важную роль в этой системе имеет эффективное использование маточного поголовья, так, при применении метода гормональной суперовуляции и трансплантации возможно получать большое количество зигот и, соответственно, выращивать высокоценный молодняк.

Резюмируя вышеизложенное и опираясь на новые знания генетических основ наследственности количественных признаков, мы считаем необходимым продолжать комплексные научные исследования, направленные на переосмысливание и совершенствование методов селекционного отбора в свиноводстве. Научные исследования выполнены в рамках тематического плана НИР ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет» по заказу Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Разработка инновационных технологий повышения продуктивности и качества продукции свиноводства».

Цель исследования – оценка продуктивного потенциала животных на основе взаимосвязи генов-маркеров с откормочными и мясными качествами свиней породы дюрок.

Задачи исследования:

- определение частоты генотипов по генам-маркерам *POU1F1*, *MC4R*, *LEPR*;
- выявление аллельных вариантов генов и установление их связи с откормочными и мясными качествами свиней;
- установление ген – маркеров, связанных с большим выходом мышечной ткани.

Все эти исследования были направлены на получение данных для разработки тест-системы диагностики племенной ценности. Заключительным этапом исследований, имеющим практическую значимость, стало включение данных о тестировании животных в генеалогические схемы для закрепления желательных вариантов методом подбора пар. Автоматизировать процесс ранжирования животных по их ценности позволяет модуль компьютерной программы «АСС» «Селекционные индексы», в который интегрирована информация о генотипах.

Материалы, методы и объекты исследования. Исследования по изучению роста и развития ремонтного молодняка свиней про-

водили в подсосный период, при отъёме, в 2, 4, 6, 8-месячном возрасте методом взвешивания и измерения линейных промеров. Откормочные и мясные качества определяли прижизненно в период контрольного выращивания, измеряли толщину шпика и глубины длиннейшей мышцы спины при помощи ультразвукового прибора «Скангрэйд». Устройство считывает идентификационный номер животного, номер станка, вес животного, глубину мышцы в точке P_2 , толщина шпика в трех точках P_1 , P_2 и P_3 , статус супоросности.

Полученный биологический материал от ремонтного молодняка (образцы ткани с ушной раковины свиней площадью 1 см²) был направлен в лаборатории молекулярной генетики ФГБОУ ВО «Южный федеральный университет» и молекулярной диагностики и биотехнологии сельскохозяйственных животных в ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет», где проводились анализы 55 образцов для создания инструмента в виде тест-системы по генам-маркерам, связанным с мясной продуктивностью, выделение ДНК проводились двумя способами с помощью *DIAtomTMDNAprep* (ООО «НПФ Генлаб») и ДНК-Экстран-2.

Взаимосвязь гена *POU1F1* изучали по возрасту достижения живой массы 100 кг, толщине шпика над 6-7 грудными позвонками, длине туловища, а так же суточному приросту [1, 2, 10].

Результаты исследования. В результате исследований выделены генотипы *FF*, *EF* и *EE*. Отмечено, что аллель *F* отличается большей частотой встречаемости по сравнению с частотой аллеля *E*, так, частота встречаемости у свинок по генотипам *FF* составила 44,4%, *EF* – 37,8%, *EE* – 17,8%; у хрячков *FF* – 50%, *EF* – 30% и *EE* – 20%. Таким образом, установлено достоверное влияние генотипов *FF*, *EF* и *EE* по гену *POU1F1* на скороспелость, толщину шпика, длину туловища и суточный прирост (табл. 1).

Установлено, что аллель *E* в гетерозиготном состоянии *EF/POU1F1* связан с лучшими откормочными показателями, так, хрячки генотипа *EF* на 9 дней быстрее достигают массы 100 кг и превосходят хрячков генотипа *FF* по скорости роста, по суточному приросту на 59,1 г и имеют меньшую толщину шпика на 1,3 мм. У свинок отмечен гомозиготный

генотип *EE*, позволяющий животным достичь массы тела 100 кг на 13 дней раньше, иметь более длинное туловище (на 3,3 см), суточ-

ный прирост на 148 г. выше, чем у свинок других генотипов. Превосходство наблюдалось и по меньшей на 3,1 мм толщине шпика.

Таблица 1. Связь генотипов по генам *POU1F1*, *MC4R*, *LEPR* с откормочными и мясными качествами ремонтного молодняка
Table 1. The relationship of genotypes according to the *POU1F1*, *MC4R*, *LEPR* genes with the fattening and meat qualities of the repair young

| Показатели | По гену <i>POU1F1</i> | | | | | |
|---------------------|-----------------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| | Генотип | | | | | |
| | <i>FF</i> | | <i>EF</i> | | <i>EE</i> | |
| | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ |
| Скороспелость, дн. | 150,2±3,50 | 167,7±2,39 | 141,3±1,33* | 161,6±2,51 | 142,0±6,0 | 154,5±3,29* |
| Толщина шпика, мм | 11,9±1,57 | 15,1±0,73 | 10,6±0,67 | 13,5±0,66 | 11,4±1,7 | 12±1,04** |
| Длина туловища, см | 117,2±2,21 | 115,5±0,54 | 115,3±1,73 | 116,1±0,82 | 116,6±2,2 | 118,8±1,52** |
| Суточный прирост, г | 933,6±48,58 | 741,1±23,54 | 992,7±29,63 | 779,8±21,15 | 991,5±8,5 | 889,1±35,59* |
| По гену <i>MC4R</i> | | | | | | |
| | <i>GG</i> | | <i>AG</i> | | <i>AA</i> | |
| | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ |
| Скороспелость, дн. | 146±2,24 | 167,3±5,56 | 144,8±5,85 | 163,4±2,24 | 146,8±2,15 | 161,6±2,87 |
| Толщина шпика, мм | 9,5±1,35* | 13,0±1,29* | 12,1±1,15 | 14,5±0,67 | 11,2±1,40 | 14,5±0,75 |
| Длина туловища, см | 119±2,36* | 115,8±1,03 | 114,8±1,53 | 110,9±4,67 | 117,4±2,04 | 116,8±0,76** |
| Суточный прирост, г | 1050±38,82** | 756±56,97 | 957,8± 46,75 | 769,6±21,49 | 949,6±36,33 | 806,8±28,62 |
| По гену <i>LEPR</i> | | | | | | |
| | <i>AA</i> | | <i>AB</i> | | <i>BB</i> | |
| | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ |
| Скороспелость, дн. | - | 170±4,63 | 151,7±2,91 | 158,8±6,38* | 151,9±2,53 | 162,6±3,71 |
| Толщина шпика, мм | - | 16±2,14 | 12,3±0,47 | 12,4±1,75** | 12,6±0,71 | 14,9±1,06 |
| Длина туловища, см | - | 112±1,12 | 116,4±1,08 | 116,4±1,81** | 117±0,95 | 117±1,07 |
| Суточный прирост, г | - | 695±58,26 | 815,5±39,23 | 875,4±68,60* | 850,4±25,50 | 787,4±43,59 |

Примечание: ♂ – хрячки, ♀ – свинки; $P>0,95$, $*P>0,99$, $**P>0,99$; хрячки ($n=10$ гол), свинки ($n=45$ гол)

Выбор гена *MC4R* обусловлен особенностями комплекса сопряженных физиологических реакций, находящихся под его контролем. Многие учёные установили, что *MC4R*-ген рецептора меланокортина 4 связан с интенсивностью роста и развития животных, это позволило нам использовать данный ген в качестве маркера. Так, нами выявлено три генотипа *AA*, *AG* и *GG*. Частота аллеля *A* составила 0,70, а аллеля *G* – 0,30 у хрячков, у свинок: *A* – 0,66, *G* – 0,34. Наибольшая частота генотипа *AA* у хрячков – 50,0%, а *AG* у свинок – 51,1%.

Следует отметить, что наибольшая разница по продуктивности животных по гену *MC4R*, в зависимости от выявленных генотипов, наблюдалась по скорости роста, длине туловища и суточному приросту (табл. 1).

Так, животные с генотипом *AA* превосходили аналогов с генотипами *AG* и *GG*, они росли быстрее на 6 и 4 дня, их туловище было длиннее на 1 и 5,9 см, прирост выше на 50,8 и 37,2 г соответственно. В то же время у свинок генотипа *GG* отмечался низкий показатель толщины шпика на 1,5 мм по сравнению со свинками генотипов *AA* и *AG*.

Следует отметить, что селекционную работу на быстрый рост свинок и получение большего содержания мышечной массы желательнее проводить по накоплению генотипа *AA* по гену *MC4R*.

У хрячков наблюдается существенное превосходство роста и развития по генотипу *GG* гена *MC4R*, так, по длине туловища – на 4,2 и 1,6 см, по суточному привесу – на 92,2 и 100,4 г соответственно. Мужские особи с ге-

нотипом *GG* гена *MC4R* имели меньшую толщину шпика по отношению к генотипам *AG* и *AA* на 2,6 и 1,7 мм. Однако полученные данные не имеют достаточного уровня достоверности, особенно по связи между генотипами и скороспелостью. Вероятно, это связано с малочисленной выборкой. В перспективе планируется увеличить количество генотипированных особей и продолжить исследования по изучению корреляционных связей между генотипами и продуктивными качествами [1, 11].

Из литературных источников известно, что ген рецептора лептина (*LEPR* или ген *DB*) принимает участие в регуляции веса тела и пищевого поведения. Лептин – это пептидный гормон, механизм его действия заключается в передаче в гипоталамус информации о массе тела и жировом обмене. Эти особенности и послужили основанием для выбора его в качестве маркерного. Так, Kováčik A., Trakovická A., Bulla J., Bobček V., & Rafayová A. обнаружили, что наличие генотипа *BB* по гену *LEPR* коррелирует с более высоким выходом постного мяса и низким показателем толщины шпика по сравнению с генотипами *AB* и *AA* [12].

В наших исследованиях по гену *LEPR* на свиньях породы дюрок определено у свинок три генотипа: *BB* – 53,8%, *AB* – 38,5%, *AA* – 7,7%; у хрячков – два генотипа – *AB* – 58,8% и *BB* – 41,2% соответственно. Отмечено, что частота аллеля *B* была выше, чем аллеля *A*, как у свинок, так и хрячков (0,73 и 0,27 и 0,71 и 0,29).

Установлено, что свинки генотипа *AB* по гену *LEPR* превосходят сверстниц по скороспелости на 11 дней свинок с генотипом *AA*, по толщине шпика – на 3,6 мм, длине туловища – на 4,4 см, суточному приросту – на 180,4 г, а сверстниц с генотипом *BB* на 4 дня, 2,5 мм, 0,6 см и 88 г соответственно. По хрячкам достоверного влияния данного гена на показатели скорости роста, формирование шпика, суточный прирост не установлено [2, 3, 12–14].

Важно отметить, что в селекционные программы совершенствования линии свиней породы дюрок на повышенное содержание мясной ткани в туше необходимо использовать в качестве маркера ген *LEPR* и накапливать в популяции генотип *AB* у свинок и генотип *BB* у хрячков.

В результате проведенных исследований по взаимосвязи генов *POU1F1*, *MC4R* и *LEPR* и откормочных и мясных качеств были получены данные, позволившие разработать тест-системы оценки животных (патенты № 2790450, № 2796412). С помощью тест-систем проводится тестирование ремонтного молодняка и запись данных в генеалогические схемы информационной базы данных программы АСС. Следующим этапом создания инструмента стала работа по объединению информации и автоматизация процесса ведения планомерной селекционной работы. Разработан алгоритм системы индексной оценки, реализованный в модуле «Индексной оценки» КП АСС (СЦ «Лозовое», ООО «Селиком» г. Рязань). На основе информации, имеющейся в базе данных программы за весь технологический и жизненный циклы в модуле, осуществляется расчёт индексной оценки животного. Так, хрячков-производителей оценивают по результатам опросов осеменённых ими свиноматок. Свиноматки получают оценку по показателям опросов. В процессе роста ремонтный молодняк получает несколько индексных оценок в различные возрастные периоды (4–6–8 месяцев). Браковку и отбор лучших животных проводят по ранжированию величины селекционного индекса. Таким образом, применение усовершенствованной системы отбора лучших особей, обладающих «желательным генотипом», способных внести максимальный вклад в следующее поколение, позволяет значительно сдвинуть средние показатели продуктивности и обеспечить повышение количественных и качественных показателей.

Основным преимуществом такой системы является механизм сбора, обработки, оценки и анализа информации. Работа системы осуществляется по принципу «однократного ввода данных и многократного их использования». В качестве примера мы приводим работу системы через окно задач «Анализ продуктивности» КП АСС проводится выбор модуля «Индексная оценка». На экране появляется выпадающее меню, в котором осуществляется выбор необходимого индекса оценки. Теперь программа автоматически проводит оценку животных и выдаёт результат на экран в виде таблицы оценки, ранжированной по величине индекса. Данные можно вывести на

печать. Таким образом, хряки-производители породы дюрок были ранжированы по величине индекса: Дерби № 601051 – 49,2 балла при следующих показателях продуктивности: 14 опоросов, оплодотворяемость 96,7%, многоплодие 11,4 поросят, суточный прирост поросят – 229 г, масса гнезда – 94 кг; Дерби № 400421 – 31,5 балла (17 опоросов, оплодотворяемость 97,8%, многоплодие 10,2, среднесуточный прирост поросят – 232 г, масса гнезда – 90 кг); Дерби № 700517 – 24,5 балла (13 опоросов, оплодотворяемость 96%, многоплодие 11,6 голов, среднесуточный прирост 248 г, масса гнезда к отъему 89,7 кг.

Аналогичным образом осуществляется оценка свиноматок по селекционному индексу. По результатам выделены лучшие свиноматки, имеющие величину индекса от 31,8 до 78,5 баллов.

Ремонтный молодняк оценивают в окне «Селекционные индексы отбора», проводя выбор конкретного индекса. Далее осуществляется оценка, сортировка и на экране появляется результат. Так, при оценке ремонтных свинок получены следующие результаты: Донна № 800780 – индекс 151,8 балла (скороспелость – 156 дней, длина туловища – 122 см, среднесуточный прирост – 786 г, толщина шпика – 7 мм, глубина мышцы – 79 мм, выход мясной массы – 64%); Донна № 800532 – индекс 132,1 балла, (155 дней, 119 см, 909 г, 12 мм, 75 мм, 62%) соответственно; Донна № 800118 – 128,1 балла; Мика № 801364 – 115,7 балла; Донна № 800458 – 107,6 балла; Донна № 800536 – 102,6 балла.

Важно подчеркнуть, что внедрение новых методов оценки на основе генов-маркеров,

информационных баз, новых программных модулей позволило контролировать новые факторы, влияющие на селекционные и технологические показатели производственного процесса. Усовершенствованные методы и автоматизированный учёт и контроль физиологических и технологических процессов позволяет выявлять ошибки и нарушения, значительно расширяет возможности селекционера за счёт большого объёма информации, что даёт возможность более точно оценить животное, подобрать пары для заказных спариваний или на базе нескольких пород создать новую линию для производства товарной продукции.

Выводы. Анализ проведенного исследования позволяет сделать следующие выводы:

- установлено достоверное влияние генотипов *FF*, *EF* и *EE* по гену *POU1F1* на скороспелость, толщину шпика, длину туловища и среднесуточные приросты живой массы свиней;

- селекционную работу на быстрый рост свинок и получение большего содержания мышечной массы желательнее проводить по накоплению генотипа *AA* по гену *MC4R*;

- свинки генотипа *AB* по гену *LEPR* превосходят сверстниц по скороспелости на 11 дней свинок с генотипом *AA*, по толщине шпика – на 3,6 мм, длине туловища – на 4,4 см, суточному приросту – на 180,4 г, а сверстниц с генотипом *BB* на 4 дня, 2,5 мм, 0,6 см и 88 г соответственно. По хрячкам достоверного влияния данного гена на показатели скорости роста, формирование шпика, суточный прирост не установлено.

Список литературы

1. Влияние генетического полиморфизма гена *MC4R* на откормочные и мясные качества свиней породы дюрок / А. Е. Святогорова, А. В. Усатов, О. Л. Третьякова, Л. В. Гетманцева // Актуальные проблемы биологии, нанотехнологий и медицины: материалы VI Международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону, 2015. С. 105-106. EDN: ZEODDZ
2. Третьякова О. Л., Святогорова А. Е., Романцова С. С. Оценка продуктивности свиноматок породы дюрок // Современные наукоемкие технологии производства продукции животноводства: материалы международной научно-практической конференции. Пос. Персиановский. 2022. С. 53–57. EDN: SUZYHV
3. Mikhailov, N.V., Getmantseva L.V., Usatov A.V., Bakoev S.Yu. Assotiations between *PRLR/AluI* Gene Polymorphism with Reproductive, Growth and Meat Traits in Pigs // *Cytology and Genetics*. 2014. Vol. 48. № 5. Pp. 323–326.
4. Altukhov Yu.P., Salmenkova E.A. DNA polymorphism in population genetics // *Genetika*. 2002;38(9):1173–1195. EDN: MPNTEB

5. Барановский Д. И., Хохлов А. М., Ткачук Е. Д. Иммуногенетический анализ генезиса европейских и азиатских пород свиней // Таврический научный обозреватель. 2016. № 5-2(10). С. 179–186. EDN: WCKXQL
6. Ассоциация показателей генотипической структуры отечественных пород свиней по генам MC4R и LEP с их продуктивными качествами / А. П. Гришкова, Н. А. Чалова, А. А. Аришин, Г. М. Гончаренко // Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. 2019. № 22. С. 128–136. EDN: GEDFLN
7. Kováčik A., Bulla, J., Trakovická, A., Lieskovská, Z., & Žitný, J. Effects of the Porcine LEPR Polymorphism (HpaII) on Carcass Traits in Large White × Landrace Crossbred Pigs // Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies. 2011. Т. 44. №. 1. С. 260–262.
8. Tautz D. Hypervariability of simple sequences as a general source for polymorphic DNA markers // Nucl. Acids Res. 1989. Vol. 17. Pp. 6463–6471. Doi: 10.1093/nar/17.16.6463.
9. Полиморфизм гена рецептора меланокортина MC4R и его влияние на мясные и откормочные качества свиней / О. В. Костюнина, Н. А. Зиновьева, Е. И. Сизарева [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 8. С. 49–51. EDN: PCYBJD
10. Святогорова А. Е. Влияние генетического полиморфизма гена POU1F1 на откормочные и мясные качества свиней породы дюрок // Неделя науки 2015: сб. тезисов. 2015. С. 10–13.
11. Леонова М. А., Святогорова А. Е. Воспроизводительные качества свиней породы ландрас разных генотипов по генам PRLR и MC4R // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 103. С. 1006–1015. EDN: TFPVMR
12. Перспективные гены-маркеры продуктивности сельскохозяйственных животных / М. А. Леонова, А. Ю. Колосов, А. В. Радюк [и др.] // Молодой ученый. 2013. № 12 (59). С. 612–614. EDN: RPCSED
13. Использование ДНК-маркеров в селекции сельскохозяйственных животных / Н. В. Михайлов, Л. В. Гетманцева, Н. А. Святогоров, А. Е. Святогорова // Наука и образование в жизни современного общества: сб. науч. тр. по материалам Международной научно-практической конференции: в 18 частях. 2013. С. 90–91.
14. Серебровский А. С. Генетический анализ. Москва: Наука, 1970. 342 с.

References

1. Svyatogorova A.E., Usatov A.V., Tretyakova O.L., Getmantseva L.V. The influence of genetic polymorphism of the MC4R gene on fattening and meat qualities of Duroc pigs. *Aktual'nyye problemy biologii, nanotekhnologii i meditsiny: materialy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Actual problems of biology, nanotechnology and medicine. Proceedings of the VI International scientific and practical conference]. Rostov-on-Don, 2015. Pp. 105-106. (In Russ.). EDN: ZEODDZ
2. Tretyakova O.L., Svyatogorova A.E., Romantsova S.S. Evaluation of productivity of Duroc sows. *Sovremennyye naukoemye tekhnologii proizvodstva produktsii zhivotnovodstva: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Modern science-intensive technologies for the production of livestock products. Proceedings of the international scientific and practical conference]. Settlement Persianovsky. 2022. Pp. 53–57. (In Russ.). EDN: SUZYHV
3. Mikhailov N.V., Getmantseva L.V., Usatov A.V., Bakoev S.Yu. Associations between PRLR/AluI Gene Polymorphism with Reproductive, Growth and Meat Traits in Pigs. *Cytology and Genetics*. 2014;48(5): 323–326
4. Altukhov Yu.P., Salmenkova E.A. DNA polymorphism in population genetics. *Genetika*. 2002;38(9):1173–1195. EDN: MPNTEB
5. Baranovsky D.I., Khokhlov A.M., Tkachuk E.D. Immunogenetic analysis of european and asian pig breeds genesis. *Tavrichesky Scientific Observer*. 2016;5-2(10):179–186. (In Russ.). EDN: WCKXQL
6. Grishkova A.P., Chalova N.A., Arishin A.A., Goncharenko G.M. Association of indicators of the genotypic structure of domestic pig breeds for the MC4R and LEP genes with their productive qualities *Siberian state industrial university*. 2019;(22):128–136. (In Russ.). EDN: GEDFLN
7. Kováčik A., Bulla, J., Trakovická, A., Lieskovská, Z., & Žitný, J. Effects of the Porcine LEPR Polymorphism (HpaII) on Carcass Traits in Large White × Landrace Crossbred Pigs. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*. 2011;44(1):260–262.
8. Tautz D. Hypervariability of simple sequences as a general source for polymorphic DNA markers. *Nucl. Acids Res*. 1989;17: 6463–6471. Doi: 10.1093/nar/17.16.6463.

9. Kostyunina O.V., Zinovieva N.A., Sizareva E.I. [et al.]. Polymorphism of melanocortin receptor gene MC4R and their effect on the growth and meat productive traits of pigs. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2012;(8):49–51. (In Russ.). EDN: PCYBJD
10. Svyatogorova A.E. The influence of genetic polymorphism of the POU1F1 gene on fattening and meat qualities of Duroc pigs. *Nedelya nauki 2015: sb. tezisev* [Science Week 2015: collection of abstracts]. 2015. Pp. 10–13. (In Russ.)
11. Leonova M.A., Svyatogorova A.E. Reproductive qualities of Landrace pigs of different genotypes in genes PRLR and MC4R. *Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 2014;(103):1006–1015. (In Russ.). EDN: TFPVMR
12. Leonova M. A., Kolosov A.Yu., Radyuk A.V. [et al.] Promising marker genes for productivity of farm animals. *Young scientist*. 2013;12(59):612–614. (In Russ.). EDN: RPCSED
13. Mikhailov. N.V., Getmantseva L.V., Svyatogorov N.A., Svyatogorova A.E Use of DNA markers in breeding of farm animals. *Nauka i obrazovaniye v zhizni sovremennogo obshchestva: sb. nauch. tr. po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: v 18 chastyakh* [Science and education in the life of modern society: collection of scientific papers based on materials of the International scientific and practical conference: in 18 parts]. 2013. Pp. 90-91. (In Russ.)
14. Serebrovsky A.S. *Geneticheskiy analiz*. [Genetic analysis]. Moscow: Nauka, 1970. 342 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Святogорова Александра Евгеньевна – кандидат сельскохозяйственных наук, учёный секретарь, Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», SPIN-код: 2369-0027

Третьякова Ольга Леонидовна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зооигиены имени академика П. Е. Ладана, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 6079-7324

Колосова Наталья Николаевна – кандидат философских наук, доцент, кафедры иностранных языков и социально-гуманитарных дисциплин, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 9927-8101

Святogоров Николай Алексеевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, кафедры разведения сельскохозяйственных животных, частной зоотехнии и зооигиены имени академика П. Е. Ладана, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», SPIN-код: 9092-4579

Information about the authors

Alexandra E. Svyatogorova – Candidate of Agricultural Sciences, Scientific Secretary, North-Caucasian Zonal Research Veterinary Institute – Branch of the Federal Rostov Agrarian Scientific Center, SPIN-code: 2369-0027

Olga L. Tretyakova – Doctor of Agricultural Sciences, Sciences, Professor, Department of Farm Animal Breeding, Private Animal Science and Zoohygiene named after Academician P.E. Ladan, Don State Agrarian University, SPIN-code: 6079-7324

Natalya N. Kolosova – Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor, Department of Foreign Languages and Social and Humanitarian Disciplines, Don State Agrarian University, SPIN-code: 9927-8101

Nikolay A. Svyatogorov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Farm Animal Breeding, Private Animal Science and Zoohygiene named after Academician P.E. Ladan, Don State Agrarian University, SPIN-code: 9092-4579

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Author's contribution. All authors were directly involved into the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 18.11.2024;
одобрена после рецензирования 03.12.2024;
принята к публикации 12.12.2024.*

*The article was submitted 18.11.2024;
approved after reviewing 03.12.2024;
accepted for publication 12.12.2024.*