

ЖЫВЁЛАГАДОЎЛЯ І ВЕТЭРЫНАРНАЯ МЕДЫЦЫНА**ANIMAL HUSBANDRY AND VETERINARY MEDICINE**

УДК 636.4.082.12

Поступила в редакцию 29.08.2016

Received 29.08.2016

И. С. Коско¹, И. П. Шейко¹, О. А. Епишко², А. С. Чернов²¹*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству,
Жодино, Республика Беларусь*²*Гродненский государственный аграрный университет, Гродно, Республика Беларусь***ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА *RYRI*, АСОЦИАЦИЯ И ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА *ESR*
С РЕПРОДУКТИВНЫМИ КАЧЕСТВАМИ ГИБРИДНЫХ СВИНЕЙ**

Многоплодие является одним из основных показателей рентабельности свиноводства. Так, содержание матки окупается стоимостью 4–5 откормочных свиней, и только с 6-го поросенка матка начинает приносить доход. Как известно, размер гнезда свиноматки характеризуется низким коэффициентом наследуемости, величина которого колеблется в пределах 0,001–0,360. Отрицательное влияние на многоплодие оказывает интенсивная селекция на мясность. Кроме того, за последние десятилетия показатель многоплодия в странах с развитым свиноводством практически не изменился. В связи с этим актуальными и значимыми являются исследования проблемы повышения показателей репродуктивных признаков свиноматок, проводимые с использованием передовых молекулярно-генетических методов. В статье приведены результаты исследования полиморфизма генов *RYRI* и *ESR* на поголовье свиноматок сочетаний (БКБ×БМ)×Д, (БКБ×БМ)×(Д×П), (БКБ×Й)×(Д×П), (Л×Й)×(Д×П), а также ассоциации полиморфных вариантов гена *ESR* с репродуктивными признаками животных. Установлено, что все протестированные животные устойчивы к стрессу (имеют генотип *ESR^{NN}*). Концентрация предпочтительного для селекции аллеля *ESR^B* в изученных группах свиноматок изменялась в пределах 0,25–0,45. Выявлено достоверное превосходство свиноматок генотипа *ESR^{BB}* над животными альтернативных генотипов по показателям массы гнезда при отъеме и сохранности. Полученные результаты могут использоваться для внедрения в селекционную практику маркерных генов, это позволит оценивать частоту встречаемости желательных и нежелательных аллелей и проводить в дальнейшем целенаправленный отбор, что будет способствовать повышению устойчивости животных к стрессу и увеличению их продуктивности.

Ключевые слова: репродуктивные качества, стресс, гены, ДНК-маркеры, свињи, *RYRI*, *ESR*, полиморфизм.

I. S. Kosko¹, I. P. Sheyko¹, O. A. Epishko², A. S. Chernov²¹*The Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Animal Husbandry, Zhodino,
Republic of Belarus*²*Grodno State Agrarian University, Grodno, Republic of Belarus***POLYMORPHISM OF *RYRI* GENE, ASSOCIATIONS AND POLYMORPHISM OF *ESR* GENE
WITH REPRODUCTIVE TRAITS OF HYBRID PIGS**

Polymorphism of *RYRI* gene was studied – ryanodine receptor gene (eng. Ryanodine Receptor 1), which mutation leads to the development of swine stress syndrome, and *ESR* gene – estrogen receptor gene (eng. Estrogen Receptor), having effect on reproductive traits, in population of hybrid sows of Belarusian Large White×Belarusian Meat (BLW×BM), Belarusian Large White×Yorkshire (BLW×Y) and Landrace×Yorkshire (L×Y) when crossed with boars of Duroc (D) breed and hybrid boars of Duroc×Pietrain (D×P) of German selection. All the tested groups of pigs are monomorphic by *RYRI* gene, which indicates absence of species susceptible to malignant hyperthermia in the studied population. By *ESR* gene, for animals of (BLW×BM)×D and (L×Y)×(D×P) two genotypes were determined: *ESR^{AA}* and *ESR^{AB}*; and correlation of (BLW×BM)×(D×P) and (BLW×Y)×(D×P) showed all the three genotypes. Also the effect of *ESR* gene polymorphism on the number of reproductive traits of sows was studied. Positive effect of *ESR^B* allele was determined with animals of correlations (BLW×BM)×(D×P) and (BLW×Y)×(D×P) on such traits as multiple pregnancy, milkiness, litter weight and piglets weight at weaning in 35 days. However, in the groups of animals not having species of *ESR^{BB}* genotype, this trend is

not traced clearly. The obtained results can be used for implementation in practical breeding by marker genes that will allow to evaluate the frequency of occurrence of desirable and undesirable alleles and conduct further purposeful selection, which will enhance the resistance of animals to stress and increase their performance.

Keywords: reproductive traits, pigs, stress, genes, DNA-markers, *RYRI*, *ESR*, polymorphism

Для многих стран мира обеспечение продовольственной безопасности, наращивание экспортного потенциала, сокращение импорта сельскохозяйственной продукции и продовольствия является актуальной задачей. При этом важнейшим ресурсом в обеспечении экономической эффективности сельскохозяйственной отрасли животноводства является повышение продуктивных качеств пород животных, в том числе свиней, и рациональное использование их генетического потенциала [1].

Традиционные методы селекции позволяют повысить продуктивные качества животных лишь на 5 % за десяток лет, при этом не всегда увеличение количественных показателей продуктивности сочетается с улучшением качественных характеристик получаемой продукции и не принимаются во внимание факторы адаптационной способности животных [1, 2]. В связи с чем особое значение приобретает внедрение в практическую селекцию достижений молекулярной генетики, позволяющих проводить оценку животных на генетическом уровне, т. е. изучать детерминанты формирования продуктивности, используя ДНК-маркеры в генетическом мониторинге и управлении селекционным процессом [3].

Генетические маркеры – это полиморфные участки ДНК с известной позицией на хромосоме, которые должны быть легко идентифицируемы и связаны с конкретным локусом. Поиск и последующее использование в селекции ДНК-маркеров, детерминирующих не только качественные и количественные показатели продуктивности, но и ассоциированных с наследственными и инфекционными заболеваниями, является на сегодняшний день актуальной задачей.

В геномной оценке перспективным является использование SNP (Single Nucleotide Polymorphism, или однонуклеотидный полиморфизм, точечные замены нуклеотидов). Для увеличения количества SNP-маркеров ряд зарубежных компаний объединяют свои усилия, создавая единую базу данных, чтобы иметь возможность протестировать большое количество животных, проверенных по продуктивности на полиморфизм, выявить наличие связей между известными точечными мутациями и продуктивностью [4, 5].

Селекция по генотипу не учитывает влияние модификационной изменчивости на проявление признаков продуктивности, делает возможным оценку животных в раннем возрасте независимо от пола, что в конечном итоге повышает эффективность селекционной работы. Результаты маркерной селекции также позволяют оценить частоту встречаемости желательных аллелей для породы или линии и проводить в дальнейшем целенаправленный отбор, что будет способствовать повышению продуктивности и устойчивости к заболеваниям улучшаемых пород животных [6–8].

Генетический маркер устойчивости свиней к стрессу был обнаружен в 1991 г., когда J. Fuji et al. [9] установили, что транзиция С → Т 1843 нуклеотида в гене риадинового рецептора (*RYRI*) приводит к развитию синдрома стресса свиней PSS (Porsine Stress Syndrome), проявляющийся смертностью животных, биохимическими изменениями в скелетной мускулатуре свиней после убоя (в виде патологически бледной, водянистой, мягкой свинины – PSE или, наоборот, темной, сухой, жесткой свинины – DFD) и чувствительностью к индуцируемой стрессом злокачественной гипертермии MHS (Malignant Hypertermia Syndrome) [10].

Рианодин-рецепторный белок регулирует концентрацию ионов кальция в мышечной клетке. Измененный белок не может блокировать поступление ионов кальция в саркоплазму мышечной клетки [11]. Поэтому при MHS ионы кальция непрерывно стимулируют процесс сокращения мышц и вызывают их ригидность, что является причиной возникновения гиперметаболизма и возникновения избыточного количества тепла в организме животного. Ускоренный метаболизм и анаэробный гликолиз в скелетных мышцах приводят к образованию избыточного количества молочной кислоты, с утилизацией которой организму животного трудно справиться. Высокая концентрация молочной кислоты и высокая температура тела является причиной денатурации белка мышц, что лежит в основе процессов, приводящих к симптомам PSE и DFD свинины и смерти животных, чувствительных к стрессу [12, 13].

С помощью метода ПЦП-ПДРФ можно выявить два аллеля гена *RYRI* – мутантный аллель *RYRIⁿ* и нормальный аллель *RYRI^N*. Таким образом, животные, имеющие генотип *RYRI^{NN}*, будут

устойчивы к стрессу, генотип $RYRI^{nn}$ – стрессочувствительны и с генотипом $RYRI^{Nn}$ – носители гена стрессочувствительности [1, 9].

Исследования мутации по гену $RYRI$ указывают на снижение репродуктивных качеств животных, имеющих в генотипе рецессивный аллель $RYRI^n$. У чувствительных к стрессу животных наблюдается снижение жизнеспособности, скорости и энергии роста, увеличение затрат корма, ухудшение качества мяса, но в то же время они отличаются более высоким содержанием мяса в туше по сравнению с гомозиготами $RYRI^{NN}$ [1, 14].

Поэтому типирование животных по гену $RYRI$ особенно важно в условиях интенсивной селекции на мясность и растущей популярности пород пьетрен и ландрас, используемых для улучшения мясных качеств отечественных пород и получения товарных гибридов, применение которых наряду с положительным эффектом увеличения мясности туш приводит к снижению многоплодия маток и ухудшению качества мяса [1, 8].

Некоторые ученые рекомендуют скрещивать гомозиготных самок $RYRI^{NN}$ с хряками-производителями, имеющими мутацию в гене $RYRI^n$. Гетерозиготное потомство $RYRI^{Nn}$ предположительно будет иметь повышенную мясность туш и у них будет реже, чем у рецессивных гомозигот $RYRI^{nn}$, встречаться порок PSE [15–17].

Установлено, что частота рецессивного аллеля $RYRI^n$ выше у свиней мясных пород, поэтому широкое использование животных пород ландрас и пьетрен для улучшения качественных характеристик отечественных мясных пород привело к увеличению частоты аллеля $RYRI^n$ у гибридного молодняка, что может негативно сказываться на качестве мясной продукции. Для снижения последствий, связанных с повышенной стрессочувствительностью свиней, необходимо проводить генетический контроль наличия и распространения данной мутации [14, 18].

Помимо устойчивости к заболеваниям в селекции свиней большое внимание уделяют репродуктивным качествам свиноматок. Использование генетических маркеров продуктивности позволит усовершенствовать генетический потенциал пород свиней и повысить эффективность селекционной работы. Наиболее тесная ассоциация с репродуктивными признаками была установлена для гена эстрогенового рецептора (ESR). Этот ген кодирует альфа-рецептор гормонов эстрогенов, которые участвуют в регуляции активности репродуктивной системы самок [1, 19–21].

Для гена ESR известны аллельные варианты, связанные с однонуклеотидным полиморфизмом в районе 3-го экзона по сайту узнавания для рестриктазы PvuII. Таким образом различают два аллеля – ESR^B , имеющий три сайта для PvuII, и ESR^A , имеющий два сайта для PvuII [20, 22].

В ряде работ для разных пород и линий свиней было показано положительное влияние генотипа ESR^{BB} на размер и массу гнезда при рождении, а также сохранность молодняка [6, 23, 24]. Однако имеются сообщения о том, что свиньи с генотипом ESR^{AA} превосходят аналогов с генотипами ESR^{AB} и ESR^{BB} по размеру и массе гнезда при рождении [25–28]. В то же время исследования, проведенные на гибридных животных сочетания мейшан \times ландрас, показали превосходство животных с гетерозиготным генотипом ESR^{AB} по общему количеству рожденных и живорожденных поросят по сравнению с животными с гомозиготными генотипами [29].

C. Drogemuller et al. [30] установили, что немецкие популяции пород ландрас и дюрок являются мономорфными по гену ESR . В исследуемых группах не было обнаружено аллеля ESR^B .

В то же время у свиней породы ландрас, разводимых в Бразилии, были выявлены три генотипа ESR^{AA} , ESR^{AB} и ESR^{BB} , однако существенных различий по размеру гнезда между животными этих генотипов установлено не было. Мономорфными по данному гену оказались бразильские свиньи породы пьетрен [26].

Таким образом, породы свиней, отдельные типы, линии и даже популяции могут различаться силой связи определенного генотипа гена ESR с репродуктивными качествами, следовательно, ген ESR может использоваться в качестве маркера только после анализа конкретных пород и популяций животных.

Цель работы – определение полиморфизма генов $RYRI$ и ESR и ассоциации полиморфизма гена ESR с репродуктивными качествами помесных свиноматок, скрещенных с гибридными хряками.

Объекты и методы исследования. Опыты проводили в ОАО «Агрокомбинат «Скидельский» филиал «Желудокский агрокомплекс» Щучинского района Гродненской области в 2013–2015 гг. Для проведения исследований были сформированы четыре группы свиноматок, по 15 гол. в каждой: в I группу вошли помесные свиноматки генотипа (БКБ \times БМ) \times Д немецкой селекции (кон-

трольная группа); II группу – (БКБ×БМ)×(Д×П), III группу – (БКБ×Й)×(Д×П), IV группу – (Л×Й)×(Д×П) немецкой селекции (опытные группы).

ДНК-типирование проводили в научно-исследовательской лаборатории ДНК-технологии Гродненского государственного аграрного университета. ДНК экстрагировали из выщипа ткани ушной раковины животных перхлоратным методом. Типирование животных по докусам генов *RYRI* и *ESR* проводили методом ПЦР-ПДРФ. Реакцию ПЦР проводили в амплификаторе GeneAmp® PCR System 2700 (Applied Biosystems, США) с использованием специфичных пар праймеров следующих последовательностей:

RYRI F: GTGCTGGATGTCCTGTGTCCCT

RYRI R: CTGGTGACATAGTTGATGAGGTTTG

ESR F: CCTGTTTTTACAGTGA CTTTACAGAG

ESR R: CACTTCGAGGGTCAGTCCCAATTAG

Полученные ампликоны участков генов *RYRI* и *ESR* расщепляли рестриктазами – *Hin*6I и *Pvu*II соответственно. Размеры рестрикционных фрагментов оценивали электрофоретическим методом в 2–4%-ном агарозном геле с окрашиванием бромистым этидием и визуализацией в проходящем ультрафиолетовом свете.

Материалы исследований обработаны статистически по стандартным методикам (по П. Ф. Рокитскому (1973) и Е. К. Меркурьевой (1970)) на персональном компьютере с использованием пакета программ Microsoft Office Excel. Достоверность разницы определяли по критерию Стьюдента при трех уровнях значимости: * $P \leq 0,05$, ** $P \leq 0,01$, *** $P \leq 0,001$.

Результаты и их обсуждение. В ходе проведенных экспериментов установлено, что все особи в исследуемых группах имеют генотип *RYRI*^{NN} (табл. 1). Отсутствие носителей стрессочувствительного генотипа *RYRI*ⁿⁿ свидетельствует о том, что все исследуемые животные обладают высокой резистентностью к стрессу и они не будут подвержены злокачественной гипертермии.

Т а б л и ц а 1. Генетическая структура гибридных свиней по генам *RYRI* и *ESR*

Table 1. Genetic structure of hybrid pigs by *RYRI* and *ESR* genes

Породное сочетание	Частота встречаемости генотипов по гену, %						Частота встречаемости аллелей гена <i>ESR</i>	
	<i>RYRI</i>			<i>ESR</i>			<i>A</i>	<i>B</i>
	<i>NN</i>	<i>Nn</i>	<i>nn</i>	<i>AA</i>	<i>AB</i>	<i>BB</i>		
(БКБ×БМ)×Д	100	–	–	33	67	–	0,67	0,33
(БКБ×БМ)×(Д×П)	100	–	–	50	40	10	0,70	0,30
(БКБ×Й)×(Д×П)	100	–	–	30	50	20	0,55	0,45
(Л×Й)×(Д×П)	100	–	–	50	50	–	0,75	0,25

Все изучаемые группы свиней характеризовались полиморфизмом гена *ESR*: присутствуют как аллель *ESR*^A, так и аллель *ESR*^B. При этом у животных сочетаний (БКБ×БМ)×Д и (Л×Й)×(Д×П) отсутствует генотип *ESR*^{BB}. Среди животных I группы преобладают гетерозиготы *ESR*^{AB} – 67 % от общего числа, а гомозиготный генотип *ESR*^{AA} встречается с частотой 33 %. Частоты встречаемости аллелей *ESR*^A и *ESR*^B в исследуемой группе животных составили 0,67 и 0,33 соответственно. Концентрации генотипов *ESR*^{AA} и *ESR*^{AB} у свиней (Л×Й)×(Д×П) составили по 50 %. В данной популяции аллель *ESR*^A встречался с частотой 0,75, аллель *ESR*^B – 0,25.

У животных сочетаний (БКБ×БМ)×(Д×П) и (БКБ×Й)×(Д×П) были выявлены все три генотипа *ESR*^{AA}, *ESR*^{AB} и *ESR*^{BB}. У особей I группы наблюдались следующие частоты встречаемости генотипов и аллелей: *ESR*^{AA} – 50 %, *ESR*^{AB} – 40 % и *ESR*^{BB} – 10 %; *ESR*^A – 0,70 и *ESR*^B – 0,30. У животных сочетания (БКБ×Й)×(Д×П) частота встречаемости гетерозиготного генотипа *ESR*^{AB} находилась на уровне 50 %. Концентрации гомозиготных генотипов *ESR*^{AA} и *ESR*^{BB} составили 30 и 20 % соответственно. Частота встречаемости аллеля *ESR*^A в данном сочетании генотипов составила 0,55, а аллеля *ESR*^B – 0,45.

При изучении ассоциации гена *ESR* с репродуктивными качествами свиноматок сочетания (БКБ×БМ)×Д, среди которых не было выявлено животных с генотипом *ESR*^{BB}, была установлена тенденция положительного влияния генотипа *ESR*^{AA} на ряд признаков (табл. 2).

Несмотря на то что различий между генотипами по многоплодию не выявлено, свиноматки с генотипом ESR^{AA} превосходили аналогов с генотипом ESR^{AB} по массе поросенка при рождении на 0,1 кг, или 6,7 %, по массе гнезда при отъеме в 35 дней – на 1,7 кг, или 1,6 %, по массе поросенка при отъеме в 35 дней – на 0,7 кг, или 6,7 % ($P \leq 0,05$), по сохранности – на 1,2 п. п. и по молочности – на 5,1 кг, или 8,4 %.

В группе животных сочетанием $(Л \times Й) \times (Д \times П)$, в которой также отсутствуют особи с генотипом ESR^{BB} , выявлено положительное влияние генотипа ESR^{AA} на многоплодие, массу гнезда при рождении и при отъеме в 35 дней (табл. 3). Превосходство гомозиготных маток над гетерозиготными сверстниками по данным признакам составило 1,4 кг (11,2 %), 0,2 кг (1,2 %) и 2,1 кг (2,0 %) соответственно. Однако животные ESR^{AB} генотипа достоверно преобладали над особями с генотипом ESR^{AA} по сохранности поросят на 8,3 п. п. ($P \leq 0,001$).

Т а б л и ц а 2. Продуктивность свиноматок сочетания $(БКБ \times БМ) \times Д$ в зависимости от генотипа по гену ESR

Table 2. Performance of $(BLW \times BM) \times D$ sows depending on genotype by ESR gene

Признак	Генотип	
	AA	AB
Многоплодие, гол.	11,0±0,45	11,0±0,37
Масса гнезда при рождении, кг	16,6±0,51	16,8±0,25
Масса поросенка при рождении, кг	1,5±0,03	1,4±0,05
Масса гнезда при отъеме в 35 дней, кг	105,2±0,80	103,5±1,38
Масса поросенка при отъеме в 35 дней, кг	10,5±0,27	9,8±0,21*
Сохранность, %	91,1±2,66	89,9±1,34
Молочность, кг	60,7±2,40	55,6±0,81

* $P \leq 0,05$.

Т а б л и ц а 3. Продуктивность свиноматок сочетания $(Л \times Й) \times (Д \times П)$ в зависимости от генотипа по гену ESR

Table 3. Performance of $(L \times Y) \times (D \times P)$ sows depending on genotype by ESR gene

Признак	Генотип	
	AA	AB
Многоплодие, гол.	12,5±0,50	11,1±0,30*
Масса гнезда при рождении, кг	16,9±0,25	16,7±0,33
Масса поросенка при рождении, кг	1,4±0,07	1,5±0,02
Масса гнезда при отъеме в 35 дней, кг	106,0±1,00	103,9±0,93
Масса поросенка при отъеме в 35 дней, кг	10,1±0,60	10,1±0,24
Сохранность, %	83,9±0,64	92,2±1,13***
Молочность, кг	57,0±3,12	58,5±1,74

У животных сочетанием $(БКБ \times БМ) \times (Д \times П)$ выявлено превосходство животных с генотипом ESR^{BB} над животными с генотипами ESR^{AB} и ESR^{AA} по многим показателям: многоплодию – на 0,5 и 0,8 гол. (4,2 и 6,7 %), массе гнезда при рождении – на 0,6 и 0,5 кг (3,5 и 2,9 %), массе гнезда при отъеме – на 3,6 и 2,4 кг (3,4 и 2,2 %) ($P \leq 0,01$), массе поросят при отъеме – на 0,6 и 0,6 кг (5,6 и 5,6 %) и по молочности – на 4,9 и 0,1 кг (8,1 и 0,2 %) соответственно. Однако по показателю сохранности особи генотипа ESR^{BB} достоверно уступали генотипам ESR^{AA} и ESR^{AB} – на 9,7 п. п. ($P \leq 0,001$) и 6,0 п. п. ($P \leq 0,05$) соответственно (табл. 4).

Данные по группе животных сочетания $(БКБ \times Й) \times (Д \times П)$ свидетельствуют о том, что по многоплодию особи с гетерозиготным генотипом обладают превосходством над гомозиготами ESR^{AA} и ESR^{BB} – на 0,3 гол. (2,5 %) и 1,3 гол. (11,0 %) соответственно.

Для животных ESR^{BB} генотипа была характерна наибольшая масса поросят при отъеме в 35 дней – 10,8 кг, что на 0,6 кг, или 5,6 %, больше по сравнению с животными с генотипом ESR^{AA} , и на 1,1 кг, или 9,9 %, с генотипом ESR^{AB} (табл. 5).

Т а б л и ц а 4. Продуктивность свиноматок сочетания (БКБ×БМ)×(Д×П) в зависимости от генотипа по гену *ESR*T a b l e 4. Performance of (BLW×BM)×(D×P) sows depending on genotype by *ESR* gene

Признак	Генотип		
	AA	AB	BB
Многоплодие, гол.	11,2±0,50	11,5±0,50	12,0±0,40
Масса гнезда при рождении, кг	16,7±0,53	16,6±0,23	17,2±0,44
Масса поросенка при рождении, кг	1,5±0,04	1,5±0,23	1,4±0,16
Масса гнезда при отъеме в 35 дней, кг	104,6±0,40	103,4±0,68	107,0±0,53**
Масса поросенка при отъеме в 35 дней, кг	10,1±0,40	10,1±0,19	10,7±0,23
Сохранность, %	93±1,78	89,3±1,57*	83,3±1,47***
Молочность, кг	60,1±2,50	55,3±0,87	60,2±1,18

Т а б л и ц а 5. Продуктивность свиноматок сочетания (БКБ×Й)×(Д×П) в зависимости от генотипа по гену *ESR*T a b l e 5. Performance of (BLW×Y)×(D×P) sows depending on genotype by *ESR* gene

Признак	Генотип		
	AA	AB	BB
Многоплодие, гол.	11,5±0,30	11,8±0,60	10,5±0,50
Масса гнезда при рождении, кг	17,2±0,45	16,5±0,41	15,9±0,20
Масса поросенка при рождении, кг	1,5±0,03	1,4±0,06	1,5±0,054
Масса гнезда при отъеме в 35 дней, кг	84,0±1,20	104,5±1,67***	102,6±0,35***
Масса поросенка при отъеме в 35 дней, кг	10,2±0,20	9,7±0,3	10,8±0,60
Сохранность, %	89,2±1,96	91,9±3,14	90,4±0,45
Молочность, кг	57,3±1,18	57,8±2,70	60,8±5,98

По массе гнезда при рождении лучшие показатели были у свиноматок с генотипом *ESR^{AA}* – на 0,7 и 1,3 кг, или 4,1 и 7,6 %, выше, чем у маток генотипов *ESR^{AB}* и *ESR^{BB}* соответственно. Однако животные генотипа *ESR^{AA}* уступают своим сверстникам с генотипами *ESR^{AB}* и *ESR^{BB}* по массе гнезда при отъеме – на 20,5 и 18,6 кг, или 19,6 и 18,1 % ($P \leq 0,001$), сохранности – на 2,7 и 1,2 п.п. и молочности – на 0,5 и 3,5 кг, или 0,9 и 5,8 %, соответственно.

Выводы

1. Все исследуемые популяции животных являются мономорфными по гену *RYR1*. Отсутствие особей с генотипами *RYR1^{Nn}* и *RYR1ⁿⁿ* свидетельствует об устойчивости подопытных свиней к стрессу.

2. В изучаемых группах обнаружен полиморфизм гена *ESR*. В двух исследуемых группах были обнаружены два генотипа – *ESR^{AA}* и *ESR^{AB}*. У животных сочетания (БКБ×БМ)×Д генотип *ESR^{AB}* встречался с частотой 67 %, а *ESR^{AA}* – 33 %. У свиней сочетания (Л×Й)×(Д×П) на генотипы *ESR^{AA}* и *ESR^{AB}* приходилось по 50 %. Животные сочетаний (БКБ×БМ)×(Д×П) и (БКБ×Й)×(Д×П) характеризовались наличием всех трех генотипов со следующими частотами встречаемости: *ESR^{AA}* – 50 и 30 %, *ESR^{AB}* – 40 и 50 %, *ESR^{BB}* – 10 и 20 % соответственно.

3. У животных сочетаний (БКБ×БМ)×(Д×П) и (БКБ×Й)×(Д×П) наблюдается положительное влияние аллеля *ESR^B* на ряд признаков: многоплодие, масса гнезда и масса поросят при отъеме в 35 дней, молочность. Однако в группах животных генотипов (БКБ×БМ)×Д и (Л×Й)×(Д×П) четко данная тенденция не прослеживается.

4. Полученные результаты могут использоваться при внедрении в селекционную практику маркерных генов, что позволит оценивать частоту встречаемости желательных и нежелательных аллелей и в дальнейшем проводить направленный отбор животных предпочтительными генотипами.

Список использованных источников

1. Достижения и перспективы использования ДНК-технологий в свиноводстве / Т. И. Епишко [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2012. – 254 с.
2. Максимов, Г. В. Мясная продуктивность свиней разных генотипов по аллелям *RYR1*, *ESR*, *H-FABP* / Г. В. Максимов, А. Г. Максимов, Н. В. Ленкова // Свиноводство. – 2014. – № 3. – С. 12–14.

3. Гетманцева, Л. В. Молекулярно-генетические аспекты селекции животных / Л. В. Гетманцева // Молодой ученый. – 2010. – № 12, ч. 2. – С. 199–201.
4. Гладырь, Е. А. Молекулярно-генетические маркеры в животноводстве / Е. А. Гладырь, Н. А. Зиновьева // Биотехнология сельскохозяйственных животных : материалы симп., 16–18 окт. 2001 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т генетики и разведения с.-х. животных ; под ред. А. Ф. Яковлева. – СПб., 2002. – С. 52–56.
5. Зиновьева, Н. А. Перспективы использования молекулярной генной диагностики сельскохозяйственных животных / Н. А. Зиновьева // ДНК-технологии в клеточной инженерии и маркирование признаков сельскохозяйственных животных : междунар. конф., 12 нояб. 2001 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т животноводства, Всерос. науч.-исслед. ин-т с.-х. биотехнологии. – Дубровицы, 2001. – С. 44–49.
6. Использование полиморфизма генов RYR1, ESR и H-FABP в селекции свиней / В. В. Семенов [и др.] // Вестн. Рос. акад. с.-х. наук. – 2013. – № 2. – С. 65–67.
7. Плужникова, О. В. Полиморфизм генов RYR-1, ESR, H-FABP и его использование в селекции свиней / О. В. Плужникова, Н. Г. Марутянц, Е. И. Сердюков // Сб. науч. тр. Ставроп. науч.-исслед. ин-та животноводства и кормопроизводства. – 2012. – Т. 3, № 1, ч. 1. – С. 149–152.
8. Рыжова, Н. В. Полиморфизм гена RYR1 в популяциях свиней мясных пород : дис. ... канд. биол. наук : 06.02.01 / Н. В. Рыжова. – пос. Лес. поляны, Моск. обл., 2001. – 125 л.
9. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia / J. Fuji [et al.] // Science. – 1991. – Vol. 253, N 5018. – P. 448–451.
10. Проблемы дискордантности и косегрегации экспрессии галотан-чувствительности свиней с мутацией 1843 С-Т в локусе RYR1 рецептора рианодина / С. П. Князев [и др.] // Генетика. – 1998. – Т. 34, № 12. – С. 1648–1654.
11. Marker assisted selection (MAS) to improve the reproduction of pig / G. Horogh [et al.] // Allattenyesztes es Takarmanyozas. – 2005. – Vol. 54, N3. – P. 277–284.
12. Topel, D. Porcine stress syndrome / D. Topel, C. Laurenl, R. A. Ball // Diseases in Swine. – 1975. – N4. – P. 970–977.
13. Gronert, G. A. Aetiology of malignant hyperthermia / G. A. Gronert, J. Mott, J. Lee // The Brit. J. of Anaesthesia. – 1988. – Vol. 60, N3. – P. 253–267.
14. Ассоциация полиморфизма гена RYR1 с показателями продуктивных качеств свиней пород, разводимых в Беларуси / В. К. Пестис [и др.] // Молодой ученый. – 2015. – № 5 (85), спецвып. 2. – С. 33–37.
15. Lahucky, R. Kvalita masa osdipanych s vyskytom a bez vyskytu mutacie v gene pre ryanodinovy receptor (RYR1) / R. Lahucky, P. Kraska // Vedec. Prace Vysk. Ustavu Zivocisnej Vyroby v Nitre. – 2001. – Vol. 34. – P. 223–228.
16. Wartosc rzezna i jakosc miesa tucznikow heterozygotycznych HALN HALn linii pbz-23 i mieszancow F1 [pbz-23 × pietrain] / E. Krzeczio [et al.] // Prace i Materiały Zootechniczne. Zeszyt Spec. – 1998. – N8. – S. 45–50.
17. Zhang, W. Halotane gene and swine performance / W. Zhang, D. Kuhlers, W. Rempel // J. of Animal Science. – 1992. – Vol. 70, N5. – P. 1307–1313.
18. ДНК-технологии в селекции свиней / Г. М. Гончаренко [и др.] // Современные проблемы интенсификации производства свинины в странах СНГ : сб. науч. тр. XVII Междунар. науч.-практ. конф. по свиноводству, Ульяновск, 7–10 июля 2010 г. / М-во сел. хоз-ва РФ [и др.] ; ред.: А. В. Дозоров [и др.]. – Ульяновск, 2010. – Т. 2 : Разведение, селекция, генетика и воспроизводство свиней. – С. 98–105.
19. Полиморфизм локуса рецептора эстрогена в популяциях свиней разных генотипов и его ассоциация с репродуктивными признаками свиноматок / В. Н. Балацкий [и др.] // Современные проблемы интенсификации производства свинины в странах СНГ : сб. науч. тр. XVII Междунар. науч.-практ. конф. по свиноводству, Ульяновск, 7–10 июля 2010 г. / М-во сел. хоз-ва РФ [и др.] ; ред.: А. В. Дозоров [и др.]. – Ульяновск, 2010. – Т. 2 : Разведение, селекция, генетика и воспроизводство свиней. – С. 42–47.
20. Карманов, Д. А. Селекция свиней отечественных и зарубежных генотипов для эффективного производства мясной продукции : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.02.07 / Д. А. Карманов. – Краснодар, 2012. – 145 л.
21. ДНК-технологии в животноводстве / Н. В. Михайлов [и др.] // Актуальные проблемы развития биотехнологий : сб. материалов междунар. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 23–24 мая 2013 г. / Урал. гос. аграр. ун-т ; науч. ред.: И. М. Донник, Б. А. Воронин. – Екатеринбург, 2013. – С. 147–148.
22. PvuII polymorphisms at the porcine estrogen receptor locus (ESR) / M. F. Rothschild [et al.] // Animal Genetics. – 1991. – Vol. 22, N5. – P. 448.
23. The estrogen receptor locus is associated with a major gene influencing litter size in pigs / M. Rothschild [et al.] // Proc. of the Nat. Acad. of Sciences of the USA. – 1996. – Vol. 93, N1. – P. 201–205.
24. Использование ДНК-диагностики в селекции свиней / С. И. Кононенко [и др.] // Сб. науч. тр. Сев.-Кавк. науч.-исслед. ин-та животноводства. – 2012. – Т. 1, № 1. – С. 138–142.
25. Goliášová, E. Impact of the ESR gene on litter size and production traits in Czech Large White pigs / E. Goliášová, J. Wolf // Animal Genetics. – 2004. – Vol. 35, N4. – P. 293–297.
26. Association of the estrogen receptor gene Pvu II restriction polymorphism with expected progeny differences for reproductive and performance traits in swine herds in Brazil / B. Santana [et al.] // Genetics a. Molecular Biology. – 2006. – Vol. 29, N2. – P. 273–277.
27. Van der Lender, T. New developments in genetic selection for litter size and piglet survival / T. Van der Lender, E. F. Knol, B. Van Rens // Thai J. of Veterinary Medicine. – 2002. – N 32. – P. 33–46.
28. Examination of the relationship between the estrogen receptor gene and reproductive traits in swine / B. J. Isler [et al.] // J. of Animal Science. – 2002. – Vol. 80, N9. – P. 2334–2339.
29. Van Rens, B. T. T. M. Periovulatory hormone profiles and components of litter size in gilts with different estrogen receptor (ESR) genotypes / B. T. T. M. Van Rens, W. Hazeleger, T. Van der Lende // Theriogenology. – 2000. – Vol. 53, N6. – P. 1375–1387.
30. Drogemuller, C. Candidate gene markers for litter size in different German pig lines / C. Drogemuller, H. Hamann, O. Distl // J. of Animal Science. – 2001. – Vol. 79, N10. – P. 2565–2570.

References

1. Epishko T.I., Doylidov V.A., Kaspirovich D.A., Epishko O.A., Yatusevich V.P., Tanana L.A., Zaytseva N.B. *Dostizheniya i perspektivy ispol'zovaniya DNK-tekhnologiy v svinovodstve* [Achievements and prospects for the use of DNA technology in pig breeding]. Vitebsk, Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, 2012. 254 p. (In Russian).
2. Maksimov G.V., Maksimov A.G., Lenkova N.V. *Myasnaya produktivnost' sviney raznykh genotipov po allelyam RYR1, ESR, H-FABP* [Meat production performance of pigs of different genotypes in respect of allele RYR1, ESR, H-FABP]. *Svinovodstvo* [Pig breeding], 2014, no. 3, pp. 12–14. (In Russian).
3. Getmantseva L.V. *Molekulyarno-geneticheskie aspekty seleksii zhyvotnykh* [Molecular and genetic aspects of animal breeding]. *Molodoy uchenyy* [Young scientist], 2010, no. 12, pt. 2, pp. 199–201. (In Russian).
4. Gladyr' E.A., Zinov'eva N.A. *Molekulyarno-geneticheskie markery v zhyvotnovodstve* [Molecular and genetic markers in animal husbandry]. *Biotekhnologiya sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh: materialy simpoziuma, 16–18 oktyabrya 2001 g.* [Biotechnology of farm animals: proceedings of the symposium, 16–18 October 2001]. St. Petersburg, 2002, pp. 52–56. (In Russian).
5. Zinov'eva N.A. *Perspektivy ispol'zovaniya molekulyarnoy gennoy diagnostiki sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh* [Prospects of the use of molecular genetic diagnosis of farm animals]. *DNK-tekhnologii v kletochnoy inzhenerii i markirovaniye priznakov sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh: mezhdunarodnaya konferentsiya, 12 noyabrya 2001 g.* [DNA technology in cell engineering and marking of farm animals traits: international conference, November 12, 2001]. Dubrovitsy, 2001, pp. 44–49. (In Russian).
6. Semenov V.V., Chizhova L.N., Pluzhnikova O.V., Marutyants N.G., Lozovoy V.I., Serdyukov E.I. *Ispol'zovanie polimorfizma genov RYR1, ESR i H-FABP v seleksii sviney* [Using the polymorphism of genes RYR1, ESR and H-FABP in pig breeding]. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk* [Herald of the Russian Academy of Agricultural Sciences], 2013, no. 2, pp. 65–67. (In Russian).
7. Pluzhnikova O.V., Marutyants N.G., Serdyukov E.I. *Polimorfizm genov RYR-1, ESR, H-FABP i ego ispol'zovanie v seleksii sviney* [Polymorphism of genes RYR-1, ESR, H-FABP and its use in pig breeding]. *Sbornik nauchnykh trudov Stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhyvotnovodstva i kormoproizvodstva* [Collection of scientific works of Stavropol Research Institute of Livestock and Fodder Production], 2012, vol. 3, no. 1, pt. 1, pp. 149–152.
8. Ryzhova N.V. *Polimorfizm gena RYR1 v populyatsiyakh sviney myasnykh porod*. Diss. kand. biol. nauk [RYR1 gene polymorphism in populations of meat pigs. Dr. of biol. sci. diss.]. Moscow region, 2001. 125 p.
9. Fujii J., Otsu K., Zorzato F., De Leon S., Khanna V.K., Weiler J.E., O'Brien P.J., MacLennan D.H. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. *Science*, 1991, vol. 253, no. 5018, pp. 448–451. doi: 10.1126/science.1862346.
10. Knyazev S.P., Zhuchaev K.E., Gart V.V., Khardge T. *Problemy diskordantnosti i kosegregatsii ekspressii galotan-chuvstvitel'nosti sviney s mutatsiyey 1843 S-T v lokuse RYR1 retseptora rianodina* [Problems of discordance and cosegregation of swine halothane susceptibility and 1843 C-T mutation of their RYR1 locus responsible for ryanodine receptor]. [Genetics], 1998, vol. 34, no. 12, pp. 1648–1654.
11. Horogh G., Zsolnai A., Komlósi I., Fésüs L. Marker assisted selection (MAS) to improve the reproduction of pig. *Allattenyesztes es Takarmanyozas*, 2005, vol. 54, no. 3, pp. 277–284.
12. Topel D., Lauren C., Ball R.A. Porcine stress syndrome. *Diseases in Swine*, 1975, no. 4, pp. 970–977.
13. Gronert G.A., Mott J., Lee J. Aetiology of malignant hyperthermia. *The British Journal of Anaesthesia*, 1988, vol. 60, no. 3, pp. 253–267. doi: 10.1093/bja/60.3.253.
14. Pestis V.K., Epishko O.A., Tanana L.A., Sheyko R.I. *Assotsiatsiya polimorfizma gena RYR1 s pokazatelyami produktivnykh kachestv sviney porod, razvodimyykh v Belarusi* [Association of polymorphism of RYR1 gene with indicators of performance traits of pigs to be bred in Belarus]. *Molodoy uchenyy* [Young scientist], 2015, no. 5 (85), suppl. 2, pp. 33–37.
15. Lahucky R., Krska P. Kvalita masa osdipanych s vyskytom a bez vyskytu mutacie v gene pre ryanodinovy receptor (RYR1). *Vedecke Prace Vyskumny Ustav Zivocisnej Vyroby v Nitre*, 2001, vol. 34, pp. 223–228.
16. Krzeczio E., Kocwin-Podsiadla M., Przybylski W., Kuryl J. Wartosc rzezna i jakosc miesa tucznikow heterozygotychnych HALN HALn linii pbz-23 i mieszcancow F1 [pbz-23 × pietrain]. *Prace i Materialy Zootechniczne. Zeszyt Specjalny*, 1998, no. 8, pp. 45–50.
17. Zhang W., Kuhlers D., Rempel W. Halotane gene and swine performance. *Journal of Animal Science*, 1992, vol. 70, no. 5, pp. 1307–1313. doi: 10.2527/1992.7051307x.
18. Goncharenko G.M., Bekenev V.A., Akulich E.G., Grishina N.B., Goryacheva T.S., Kononenko E.V., Frolova V.I. *DNK-tekhnologii v seleksii sviney* [DNA technology in pig breeding]. *Sovremennyye problemy intensifikatsii proizvodstva svininy v stranakh SNG: sbornik nauchnykh trudov XVII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii po svinovodstvu, Ulyanovsk, 7–10 iyulya 2010 g.* [Modern problems of intensification of pork production in the CIS countries: proceedings of the XVII International scientific-practical conference on pig breeding Ulyanovsk, 7–10 July 2010]. Ulyanovsk, 2010, vol. 2, pp. 98–105. (In Russian).
19. Balatskiy V.N., Saenko A.M., Grishina L.P., Dikan' E.S. *Polimorfizm lokusa retseptora estrogena v populyatsiyakh sviney raznykh genotipov i ego assotsiatsiya s reproduktivnymi priznakami svinomatok* [Polymorphism of the estrogen receptor locus in the populations of pigs of different genotypes and its association with reproductive traits of sows]. *Sovremennyye problemy intensifikatsii proizvodstva svininy v stranakh SNG: sbornik nauchnykh trudov XVII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii po svinovodstvu, Ulyanovsk, 7–10 iyulya 2010 g.* [Modern problems of intensification of pork production in the CIS countries: proceedings of the XVII International scientific-practical conference on pig breeding, Ulyanovsk, 7–10 July 2010]. Ulyanovsk, 2010, vol. 2, pp. 42–47. (In Russian).
20. Karmanov D.A. *Seleksiya sviney otechestvennykh i zarubezhnykh genotipov dlya effektivnogo proizvodstva myasnoy produktii*. Diss. kand. s.-kh. nauk [Pig breeding of domestic and foreign genotypes for efficient production of meat products. Dr. of agr. sci. diss.]. Krasnodar, 2012. 145 p. (In Russian).

21. Mikhaylov N.V., Kolosov Yu.A., Getmantseva L.V., Shirokova N.V. *DNK-tekhnologii v zhivotnovodstve* [DNA technologies in animal husbandry]. *Aktual'nye problemy razvitiya biotekhnologii: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Ekaterinburg, 23–24 maya 2013 g.* [Actual problems of biotechnology development: proceedings of the International scientific-practical conference, Yekaterinburg, 23–24 May 2013]. Ekaterinburg, 2013, pp. 147–148. (In Russian).
22. Rothschild M.F., Larson R.G., Jacobson C., Pearson P. PvuII polymorphisms at the porcine estrogen receptor locus (ESR). *Animal Genetics*, 1991, vol. 22, no. 5, pp. 448. doi: 10.1111/j.1365-2052.1991.tb00715.x.
23. Rothschild M., Jacobsen C., Vaske D., Tuggle C., Wang L.H., Short T., Eckardt G., Sasaki S., Vincent A., McLaren D. The estrogen receptor locus is associated with a major gene influencing litter size in pigs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1996, vol. 93, no. 1, pp. 201–205. doi: 10.1073/pnas.93.1.201.
24. Kononenko S.I., Semenov V.V., Chizhova L.N., Serdyukov E.I., Vorsina L.V. *Ispol'zovanie DNK-diyagnostiki v selektsii sviney* [Use of DNA diagnostics in pig breeding]. *Sbornik nauchnykh trudov Severo-Kavkazskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva* [Collection of Scientific Works of the North Caucasus Livestock Research Institute], 2012. Vol. 1, no. 1, pp. 138–142.
25. Goliášová E., Wolf J. Impact of the ESR gene on litter size and production traits in Czech Large White pigs. *Animal Genetics*, 2004, vol. 35, no. 4, pp. 293–297. doi: 10.1111/j.1365-2052.2004.01155.x.
26. Santana B.A.A., Biase F.H., Antunes R.C., Goulart L.R., Borges M., Franco M.M. Association of the estrogen receptor gene Pvu II restriction polymorphism with expected progeny differences for reproductive and performance traits in swine herds in Brazil. *Genetics and Molecular Biology*, 2006, vol. 29, no. 2, pp. 273–277. doi: 10.1590/S1415-47572006000200013.
27. Van der Lende T., Knol E.F., Van Rens B. New developments in genetic selection for litter size and piglet survival. *Thai Journal of Veterinary Medicine*, 2002, no. 32, pp. 33–46.
28. Isler B.J., Irvin K.M., Neal S.M., Moeller S.J., Davis M.E. *Journal of Animal Science*, 2002, vol. 80, no. 9, pp. 2334–2339. doi: 10.2527/2002.8092334x.
29. Van Rens B.T.T.M., Hazeleger, W., Van der Lende T. Perioovulatory hormone profiles and components of litter size in gilts with different estrogen receptor (ESR) genotypes. *Theriogenology*, 2000, vol. 53, no. 6, pp. 1375–1387. doi: 10.1016/S0093-691X(00)00280-6.
30. Drogemuller C., Hamann H., Dist O. Candidate gene markers for litter size in different German pig lines. *Journal of Animal Science*, 2001, vol. 79, no. 10, pp. 2565–2570. doi:10.2527/2001.79102565x.

Информация об авторах

Коско Иван Сергеевич – аспирант, научный сотрудник лаборатории гибридизации в свиноводстве. Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222160 г. Жодино, Республика Беларусь). E-mail: kosko5121989@mail.ru

Шейко Иван Павлович – академик, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, первый заместитель генерального директора. Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству (ул. Фрунзе, 11, 222160 г. Жодино, Республика Беларусь). E-mail: belniig@tut.by

Епишко Ольга Александровна – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией ДНК-тестирования. Гродненский государственный аграрный университет (ул. Терешковой, 28, 230008 г. Гродно, Республика Беларусь).

Чернов Алексей Сергеевич – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры менеджмента, маркетинга и права. Гродненский государственный аграрный университет (ул. Терешковой, 28, 230008 г. Гродно, Республика Беларусь).

Для цитирования

Коско, И. С. Полиморфизм гена *RYRI*, ассоциация и полиморфизм гена *ESR* с репродуктивными качествами гибридных свиней / И. С. Коско, И. П. Шейко, О. А. Епишко, А. С. Чернов // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. навук. – 2017. – № 1. – С. 70–78.

Information about the author

Kosko Ivan S. – Postgraduate student, the Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry (11 Frunze Str., Zhodino, Republic of Belarus). E-mail: kosko5121989@mail.ru

Sheyko Ivan P. – Academician, D. Sc. (Agricultural), the Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry (11 Frunze Str., Zhodino, Republic of Belarus). E-mail: belniig@tut.by

Epishko Olga A. – Ph. D. (Agricultural), Grodno State Agrarian University (28 Tereshkova Str., Grodno 230008, Republic of Belarus).

Chernov Alexei S. – Ph. D. (Agricultural), Grodno State Agrarian University (28 Tereshkova Str., Grodno 230008, Republic of Belarus).

For citation

Kosko I. S., Sheyko I. P., Epishko O. A., Chernov A. S. Polymorphism of *RYRI* gene, associations and polymorphism of *ESR* gene with reproductive traits of hybrid pigs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, agrarian series*, 2017, no 1, pp. 70–78.