

Как видно из таблицы 2, самый высокий удой имеют коровы, относящиеся к феноккомплексу «В». Животные с данным феноккомплексом превышают по удою на 363 кг молока коров с феноккомплексом «А», что составляет 9,3%.

По содержанию жира в молоке имели высокие показатели коровы, относящиеся к феноккомплексам «А» и «В» – 3,61 и 3,60% соответственно. Самое низкое содержание жира в молоке у коров с феноккомплексом «С» – 3,55%. По количеству молочного жира лучший результат был у коров с феноккомплексом «В», что выше на 12,7 кг по сравнению с животными с феноккомплексом «А».

**Заключение.** Анализ развития признаков молочной продуктивности коров белорусской чернопестрой породы в зависимости от особенностей пигментации показал, что величина удоя и количество молочного жира в определенной степени обусловлены степенью пигментации животных. Установлено, что лучшие показатели по молочной продуктивности 4209 кг имеют коровы с феноккомплексом «В», что дает возможность использования в селекционной работе в качестве селекционного маркера степень пигментации животных.

**Литература.** 1. Кузов, С. А. Перспективы использования феноккомплексов масти в молочном скотоводстве / С. А. Кузов, С. Г. Лебедев // Молодежь – науке и практике АПК: материалы 101-й Международной научно-практической конференции студентов и магистрантов, Витебск, 26 – 27 мая 2016 г. / УО «ВГАВМ»; редкол.: А. И. Ятусевич [и др.]. – Витебск, 2016. – С. 164. 2. Машуров, А. М. Генетические маркеры в селекции животных / А. М. Машуров. – Москва: Наука, 1980. – 87 с. 3. Шендаков, А. И. Совершенствование систем селекции молочного и комбинированного скота: диссертация на соискания ученой степени доктора сельскохозяйственных наук: 06.02.01 / А. И. Шендаков. – Курск, 2009. – 413 л. 4. Янова, Я. Ю. Генетическое детерминирование масти и отметин у лошадей: диссертация на соискания ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук: 06.02.01 / Я. Ю. Янова. – Ростов-на-Дону, 2003. – 115 с.

Статья передана в печать 02.03.2017 г.

УДК 636.4.082.25:575.222.2

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПО ГЕНАМ *ESR1* И *IGF2* У ЧИСТОПОРОДНЫХ И ПОМЕСНЫХ СВИНЕЙ

Луговой С.И., Крамаренко С.С., Лихач В.Я

Николаевский национальный аграрный университет, г. Николаев, Украина

*Изменчивость локусов эстрогенового рецептора (*ESR1*) и инсулиноподобного фактора роста (*IGF2*) чистопородных свиней двух пород (крупной белой и ландрас), а также их помесей, была изучена при использовании метода ПЦР-ПДРФ. Отмечается, что среди свиней породы ландрас не было отмечено животных с генотипами *ESR1<sup>BB</sup>* и *IGF2<sup>QQ</sup>*. Показано, что частота желательных аллелей – *ESR1<sup>B</sup>* и *IGF2<sup>Q</sup>* – была подобной у чистопородных животных породы ландрас и помесных животных.*

*Purebred animals from two Ukrainian pig breeds, the Large White (LW) and Landrace (L), and crossbred pigs (LW × L) were analyzed for variation at a porcine estrogen receptor 1 (*ESR1*) and porcine insulin-like growth factor 2 (*IGF2*) loci using PCR-RFLP method. From the three observed genotypes of *ESR1* gene, the *ESR1<sup>BB</sup>* was missing in Landrace breed and from the three observed genotypes of *IGF2* gene, the *IGF2<sup>QQ</sup>* was missing in Landrace breed. In our study the frequencies of favorable *ESR1<sup>B</sup>* and *IGF2<sup>Q</sup>* alleles were similar between Landrace purebred and LW × L crossbred pigs.*

**Ключевые слова:** полиморфизм, ген эстрогенового рецептора (*ESR1*), ген инсулиноподобного фактора роста (*IGF2*), чистопородные и помесные свиньи.

**Keywords:** polymorphism, the porcine estrogen receptor 1 gene (*ESR1*), the porcine insulin-like growth factor 2 (*IGF2*) gene, purebred and crossbred pigs.

**Введение.** Ген эстрогенового рецептора (*ESR1*) у свиней расположен на первой хромосоме (SSC1) и занимает позиции 202566481-202627180. мДНК состоит из 1788 нуклеотидов (GenBank NM214220), которые кодируют белок, состоящий из 595 аминокислот. Механизм генетического влияния эстрогенового рецептора (*ESR1*) заключается в контроле синтеза женского полового гормона – эстрогена, который определяет воспроизводительные качества [1]. В 1991 году М. Rothschild и соавторы [2] описали наличие одной точечной мутации (SNP) в третьем интроне гена эстрогенового рецептора свиней (*ESR1*), которая проявляется при воздействии эндонуклеазы рестрикции *PvuII*. При этом формировались два аллеля длиной 4,3 тыс. п. н. и 3,7 тыс. п. н. Однако, условия ПЦР-ПДРФ, которые были предложены М. Rothschild с соавторами, базировались на не слишком удачном наборе праймеров, поэтому продукты рестрикции было сложно интерпретировать. Вследствие чего, в 1997 году Т. Short с соавторами [3] разработали новый набор праймеров, который дал возможность улучшить визуализацию результатов ПЦР-ПДРФ-анализа полиморфизма гена эстрогенового рецептора.

Ген инсулиноподобного фактора роста (*IGF2*), или соматомедин А, свиней расположен на второй хромосоме (SSC2) на плече p (2p1.7). Его мДНК состоит из 1225 нуклеотидов (GenBank NM\_213883), которые кодируют белок, состоящий из 181 аминокислоты. Ген инсулиноподобного фактора роста (*IGF2*) свиней кодирует регуляторный пептид (IGFII), который играет важную роль для нормального эмбрионального роста, является стимулятором роста на уровне клеток и влияет на крупноплодность и сохранность поросят. *IGF2* участвует в широком спектре процессов метаболизма, митогенезе, дифференцировке эмбриональных тканей и плаценты. Установлено, что этот ген характеризуется патернальным действием, то есть у потомства проявляется действие аллеля, унаследованного от отца. В 2003 году van Laere с соавторами [4] путем пиросеквенирования обнаружили SNP в интроне 3 гена *IGF2* свиней. Этот полиморфизм представляет собой G→A замену и расположен в позиции 3072 (*IGF2\_in3\_G3072A*).

Основной целью исследования был анализ особенностей формирования генетической структуры как чистопородных свиней (крупной белой породы и породы ландрас), так и их помесей по двум генетическим маркерам воспроизводительных (*ESR1*) и мясных качеств (*IGF2*).

**Материалы и методы исследований.** Для исследования нами были использованы данные генетического полиморфизма генов *ESR1* и *IGF2* у свиней крупной белой породы (КБ), породы ландрас (Л) и их помесей (КБ×Л), которые содержались в племенном заводе ПАТ «Племзавод «Степной» Запорожской области (Украина).

Материалом для выделения ДНК были образцы ткани (ушные выщипы) свиней. Лабораторные исследования выполнялись в условиях Центра биотехнологии и молекулярной диагностики Всероссийского научно-исследовательского института животноводства РАСХН им. Л.К. Эрнста. Выделение ДНК осуществляли путем лизиса в буфере Кавасаки и перхлоратным методом с модификациями [5].

Анализ полиморфизма гена *ESR1* осуществляли методом ПЦР-ПДРФ с последующим гидролизом образовавшихся фрагментов эндонуклеазой рестрикции *PvuII* (с последовательностью узнавания – CAG↓CTG) и их разделением методом электрофореза. Генотипы *ESR1* были определены как *ESR1<sup>AA</sup>* (120 п.н.), *ESR1<sup>BB</sup>* (65 и 55 п.н.) и *ESR1<sup>AB</sup>* (120, 65 и 55 п.н.).

Анализ полиморфизма гена *IGF2* осуществляли методом ПЦР с последующим гидролизом образованных фрагментов эндонуклеазой рестрикции *TaqI* (с последовательностью узнавания – T↓CGA) и их разделением методом электрофореза. Генотипы *IGF2* были определены как *IGF2<sup>QQ</sup>* (198 п.н.), *IGF2<sup>qq</sup>* (167 и 31 п.н.) и *IGF2<sup>Qq</sup>* (198, 167 и 31 п.н.).

Электрофоретическое разделение проводили при напряжении 120-130 В в 2,5-3,0% агарозном геле в буфере TAE с добавлением бромистого димидия до конечной концентрации 30 нг/мл. Визуализацию продуктов ПЦР-ПДРФ осуществляли в ультрафиолетовом свете с использованием трансиллюминатора UVT1 Biometra. Документацию результатов проводили с помощью цифровой фотокамеры с использованием программного обеспечения BioTestD. Весь статистический анализ проведен с использованием программы GenAlEx [6].

**Результаты исследований.** У особой крупной белой породы были отмечены все три генотипа гена *ESR1*, тогда как у свиней породы ландрас особи с генотипом *ESR1<sup>BB</sup>* отмечены не были (таблица 1). Соотношение генотипов гена *ESR1* у помесных животных было очень близким к таковому у свиней породы ландрас. Результатом чего стало подобие в распределении частот аллелей по данному локусу у свиней породы ландрас (*ESR1<sup>A</sup>* = 0,921 и *ESR1<sup>B</sup>* = 0,079) и их помесей со свиньями крупной белой породы (*ESR1<sup>A</sup>* = 0,890 и *ESR1<sup>B</sup>* = 0,110). Тогда как у свиней крупной белой породы распределение частот аллелей существенно отличалось (*ESR1<sup>A</sup>* = 0,692 и *ESR1<sup>B</sup>* = 0,308).

Уровень гетерозиготности гена *ESR1* был существенно ниже как у свиней породы ландрас (*H<sub>o</sub>* = 0,158), так и у помесных животных (*H<sub>o</sub>* = 0,140), тогда как у свиней крупной белой породы уровень генетического разнообразия был почти в два раза выше (таблица 2).

**Таблица 1 - Частота генотипов и аллелей гена *ESR1* свиней разных пород и их помесей**

Порода	n	Частоты генотипов			Частоты аллелей ( <i>p</i> ± SE)	
		<i>ESR1<sup>AA</sup></i>	<i>ESR1<sup>AB</sup></i>	<i>ESR1<sup>BB</sup></i>	<i>ESR1<sup>A</sup></i>	<i>ESR1<sup>B</sup></i>
Крупная белая (КБ)	208	0,510	0,365	0,125	0,692±0,023	0,308±0,023
Ландрас (Л)	57	0,842	0,158	0,000	0,921±0,025	0,079±0,025
КБ×Л	50	0,820	0,140	0,040	0,890±0,031	0,110±0,031

**Таблица 2 - Показатели генетического разнообразия гена *ESR1* свиней разных пород и их помесей**

Порода	n	<i>H<sub>o</sub></i>	<i>H<sub>e</sub></i>	<i>F<sub>is</sub></i>	$\chi^2$	p
Крупная белая (КБ)	208	0,365	0,426	0,142	4,22	0,040
Ландрас (Л)	57	0,158	0,145	-0,086	0,42	0,518
КБ×Л	50	0,140	0,196	0,285	4,06	0,044

Примечание. Тут и в таблице 4: n – число прогенотипированных животных; *H<sub>o</sub>* и *H<sub>e</sub>* – фактическая и ожидаемая гетерозиготность; *F<sub>is</sub>* – индекс фиксации;  $\chi^2$  – критерий Хи-квадрат Пирсона и уровень его значимости (*p*).

При этом, и у свиней крупной белой породы, и у помесных животных отмечается существенный дефицит гетерозигот, о чем свидетельствуют позитивные оценки индекса фиксации ( $Fis = 0,142$  и  $Fis = 0,285$ , соответственно) и достоверные оценки критерия Хи-квадрат Пирсона (в обоих случаях:  $p < 0,05$ ). Распределение генотипов у свиней породы ландрас, напротив, достоверно не отклонялось от теоретического при соблюдении закона Харди-Вайнберга.

По распределению частот генотипов генетического маркера мясной продуктивности (гена  $IGF2$ ) у чистопородных свиней выявлены существенные отличия (таблица 3).

**Таблица 3 - Частота генотипов и аллелей гена  $IGF2$  свиней разных пород и их помесей**

Порода	n	Частоты генотипов			Частоты аллелей ( $p \pm SE$ )	
		$IGF2^{qq}$	$IGF2^{qQ}$	$IGF2^{QQ}$	$IGF2^q$	$IGF2^Q$
Крупная белая (КБ)	81	0,667	0,259	0,074	$0,796 \pm 0,032$	$0,204 \pm 0,032$
Ландрас (Л)	18	0,000	0,444	0,556	$0,222 \pm 0,069$	$0,778 \pm 0,069$
КБ×Л	56	0,107	0,536	0,357	$0,375 \pm 0,046$	$0,625 \pm 0,046$

Если у свиней крупной белой породы преобладали в выборке особи с генотипом  $IGF2^{qq}$  (66,7%), то у свиней породы ландрас, напротив, больше половины животных имело генотип  $IGF2^{qQ}$  (55,6%).

Помесные животные по распределению частот генотипов также были близки к свиньям породы ландрас. Это обуславливает подобие по частоте аллеля  $q$  свиней породы ландрас и помесных животных (0,778 и 0,625, соответственно). Тогда как среди генотипированных особей крупной белой породы частота данного аллеля была почти в 3,0-3,5 раза ниже.

Уровень гетерозиготности гена  $IGF2$  был опять же существенно выше у особей породы ландрас и помесных животных ( $Ho = 0,444$  и  $Ho = 0,536$ , соответственно) (таблица 4).

**Таблица 4 - Показатели генетического разнообразия гена  $IGF2$  свиней разных пород и их помесей**

Порода	n	$Ho$	$He$	$Fis$	$\chi^2$	p
Крупная белая (КБ)	81	0,259	0,324	0,201	3,27	0,071
Ландрас (Л)	18	0,444	0,346	-0,286	1,47	0,225
КБ×Л	56	0,536	0,469	-0,143	1,14	0,285

При этом, отмеченные дефицит гетерозиготности (для свиней крупной белой породы) или ее избыток (для свиней породы ландрас и помесных животных) статистически не подтверждаются на основании использования критерия Хи-квадрат Пирсона. Таким образом, по гену  $IGF2$  у чистопородных животных и их помесей распределение генотипов достоверно не отклоняется от равновесного состояния Харди-Вайнберга.

Расчет уровня подобия частот генотипов между свиньями двух пород и их помесей по генам-маркерам воспроизводительных ( $ESR1$ ) и мясных качеств ( $IGF2$ ) дает сходные результаты. Животные крупной белой породы существенно отличались как от свиней породы ландрас, так и от помесных животных (во всех случаях  $p < 0,001$ ), тогда как между последними достоверных отличий не отмечено (таблица 5).

**Таблица 5 - Уровень подобия частот генотипов генов  $ESR1$  (под диагональю) и  $IGF2$  (над диагональю) между свиньями разных пород и их помесями**

Порода	Порода		
	КБ	Л	КБ × Л
Крупная белая (КБ)	X	***	***
Ландрас (Л)	***	X	ns
КБ×Л	***	ns	X

Примечание. \*\*\* -  $p < 0,001$ ; ns –  $p > 0,05$  с учетом поправки Бонферрони.

В целом, особенности формирования генетической структуры у помесных (двухпородных) свиней изучены не достаточно полно [7]. В некоторых случаях, и в нашем в частности, частоты аллелей у помесных животных были очень близки к таковым для одной из «родительских» пород. Так, в исследовании J. Gibson и соавторов [8] при скрещивании свиней крупной белой породы и породы мейшан, частота аллеля  $ESR1^B$  гена эстрогенового рецептора у помесных животных оказалась практически идентичной породе мейшан (0,667 и 0,665, соответственно). Тогда как у особей крупной белой породы частота этого аллеля была существенно выше (0,775). Аналогичная ситуация была отмечена и при изучении генетической структуры гена  $IGF2$  среди свиней крупной белой породы, породы пьетрен, а также их помесей [9]. Частоты аллеля  $IGF2^q$  у помесных животных и у свиней породы пьетрен были подобными (0,123 и 0,005, соответственно), тогда как свиньи крупной белой породы были представлены исключительно гомозиготами по данному аллелю.

Также было установлено, что существенную роль играет принцип формирования родительских пар при получении помесных животных. В частности, при скрещивании хряков крупной белой породы со свиноматками породы йоркшир, у помесных животных частота аллеля  $ESR1^B$  составляла 0,470,

тогда как при реципрокном скрещивании свиноматок крупной белой породы с хряками породы йоркшир она была значительно ниже – 0,390 [10].

**Заключение.** Было проведено исследование особенностей формирования генетической структуры как чистопородных свиней крупной белой породы и породы ландрас, так и их помесей по двум генетическим маркерам воспроизводительных (*ESR1*) и мясных качеств (*IGF2*). Показано, что распределение частот аллелей по изученным маркерам у помесных животных было сходным с таковым у свиней породы ландрас.

Работа выполнена в рамках госбюджетной тематики Министерства образования и науки Украины «Впровадження інноваційних технологій виробництва свинини на основі перспективного генотипу вітчизняного та зарубіжного походження» (№ государственной регистрации 0116U004760).

**Литература.** 1. *A comprehensive map of the porcine genome* / G. A. Rohrer, L. J. Alexander, Z. L. Hu [et al.] // *Genome Research*. – 1996. – V. 6. – P. 371-391. 2. *PvuII polymorphisms at the porcine estrogen-receptor locus (ESR)* / M. F. Rothschild, R. G. Larson, C. Jacobson [et al.] // *Anim. Genet.* – 1991. – V. 22 – P. 448-448. 3. *Effect of oestrogen receptor locus on reproduction and production traits in four commercial pig lines* / T. H. Short, M. F. Rothschild, O. I. Southwood [et al.] // *J. Anim. Sci.* – 1997. – V. 75. – P. 3138-3142. 4. *A regulatory mutation in IGF2 causes a major QTL effect on muscle growth in the pig* / A. S. Van Laere, M. Nguyen, M. Braunschweig [et al.] // *Nature* – 2003. – V. 425. – P. 832-836. 5. *Методические рекомендации по использованию метода полимеразной цепной реакции в животноводстве* / Н. А. Зиновьева, А. Н. Попов, Л. К. Эрнст [и др.]. – Дубровицы, 1998. – 47 с. 6. *Peakall, R. GENAIEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research* / R. Peakall, P. Smouse // *Molecular Ecology Notes*. – 2006. – V. 6. – P. 288-295. 7. *Костюнина, О. В. Ассоциация гена IGF2 с продуктивными качествами свиней (Sus scrofa) крупной белой породы с учетом половой дифференциации* / О. В. Костюнина, С. С. Крамаренко, Н. А. Свеженцева // *Сельскохозяйственная биология*. – 2015. – Т. 50, № 6. – С. 736–745. 8. *No detectable association of the ESR PvuII mutation with sow productivity in a Meishan × Large White F<sub>2</sub> population* / J. P. Gibson, Z. H. Jiang, J. A. B. Robinson [et al.] // *Anim. Genet.* – 2002. – V. 33. – P. 448-450. 9. *Allelic incidence in several pig breeds of a missense variant of pig melanocortin-4 receptor (MC4R) gene associated with carcass and productive traits; its relation to IGF2 genotype* / C. Burgos, J. A. Carrodeguas, C. Moreno [et al.] // *Meat Science*. – 2006. – V. 73. – P. 144-150. 10. *Examination of relationship between estrogen receptor gene and reproductive traits in pig* / B. J. Isler, K. M. Irvin, S. M. Neal [et al.] // *J. Anim. Science*. – 2002. – V. 80. – P. 2334–2339.

Статья передана в печать 20.02.2017 г.

УДК 637.12 476.4

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА В ОАО «ФИРМА ВЕЙНО» МОГИЛЕВСКОГО РАЙОНА

Марусич А.Г., Чиндо А.О.

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь

*Разработанные методы повышения качества молока позволили хозяйству увеличить производство молока на 16%, реализацию молока сорта «экстра» – на 86,6 т (+ 18,1%), высшего сорта – на 354,5 т (+24%), производство молока 1 сорта снизилось на 179,2 т (–64,3%). Реализовано молока в зачетном весе больше на 11,8%. В результате денежная выручка хозяйства от реализации молока увеличилась на 1150 млн руб., или на 13,6%. В результате внедрения разработанных методов повышения качества молока и увеличения реализации продукции лучшего качества рентабельность производства молока составила 1,6%.*

*The developed methods to improve the quality of milk allow farming to increase milk production by 16%, implementation of the «extra» grade milk – by 86,6 t (+ 18,1%), the highest grade – by 354,5 t (+ 24,0%), milk production first grade varieties decreased by 179,2 t (– 64,3%). Implemented milk in registered weight more than 11,8%. As a result of cash proceeds from the sale of farm milk has increased for 1150 mln rub., or by 13,6%. As a result of the implementation of quality improvement techniques developed by the milk and increase the sale of products of better quality profitability of milk production was 1,6%.*

**Ключевые слова:** технология, производство молока, качество молока, эффективность, контрольные дойки.

**Keywords:** technology, milk production, milk quality, efficiency, control milking.

**Введение.** Продовольственная проблема была и остается одной из главных проблем, волнующих население нашей страны. Скотоводство – важнейшая отрасль животноводства республики. На долю скотоводства приходится более половины стоимости валовой продукции животноводства.

На 1 января 2015 года в сельскохозяйственных организациях РБ насчитывалось 4356 тысяч голов крупного рогатого скота, из них – 1512 тысяч коров. По производству молока на душу населения