

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ ОТКОРМОЧНЫХ КАЧЕСТВ СВИНЕЙ ПО РЯДУ QTL

**С. М. Раскатова**, соискатель

**О. В. Костюнина**, кандидат биологических наук

**А. А. Траспов**, кандидат биологических наук

**К. М. Шавырина**, кандидат биологических наук

**Н. А. Зиновьева**, доктор биологических наук, профессор,  
академик РАН

Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства  
имени академика Л. К. Эрнста, Россия

Изучен полиморфизм генов *CAST249*, *CAST638*; *N30T*, *S52G*, *I199V*, *R200Q* в гене *PRKAG3*; *MC4R*, *IGF2*, *SSKAR* у трехпородных гибридов. Линейно-регрессионный анализ показателей откормочной продуктивности показал наличие значимого аддитивного, доминантного и общего эффекта гена *CAST638* на показатели вес к убоя, возраст достижения массы 100 килограмм и среднесуточный прирост. Был выявлен значимый доминантный эффект генов *CAST638* и *MC4R*, аддитивный эффект гена *SSKAR* и значимый общий эффект гена *IGF2* на признак длины туловища. Были выявлены тенденции к зависимости между весом к убоя и генами *PRKAG3* в позиции *S52G* и *SSKAR*, по возрасту достижения массы 100 кг и генам *MC4R* и *SSKAR*, по признаку толщины шпика и гену *CAST638*, по признаку среднесуточного прироста и гену *MC4R*, по признаку массы окорока и гену *PRKAG3* в позиции *N30T*, по диаметру длиннейшей мышцы спины и гену *SSKAR*.

**Ключевые слова:** свиньи, QTL, генетический маркер.

**Постановка проблемы.** Стабилизация поголовья и дальнейшее наращивание темпов производства свинины находятся в прямой зависимости от ускорения научно-технического прогресса в отрасли, а также эффективности селекционно-племенной работы по совершенствованию существующих и созданию новых высокопродуктивных генотипов [2]. Откормочные и мясные качества свиней относятся к числу признаков, в наибольшей степени определяющих экономическую эффективность свиноводства. В связи с этим наравне с традиционной селекцией все большее применение находят методы маркерной селекции, предусматривающей использование в селекционных программах ДНК-маркеров,

напрямую или косвенно связанных с QTL откормочной и мясной продуктивности. Использование результатов молекулярно-генетического анализа в свиноводстве может ускорить прогресс в селекционно-племенной работе. На основании анализа данных мировых информационных ресурсов был выявлен ряд генов **IGF2**, **MC4R**, **CAST**, **PRKAG3**, **ССКАR**, потенциально оказывающих влияние на качество свинины и выход продукции.

Так, при изучении связи между полиморфизмом рецептора меланокортина 4 и упитанностью туш, потреблением корма и увеличением веса свиней **Chen** и соавторы [3], **Kim** и соавторы [4] и **Meidtner** и коллеги [5] обнаружили, что ген **MC4R** может быть использован в качестве генетического маркера для этих признаков в селекции животных. **ССКАR** (ген рецептора холецистокинина А) связан с конверсией корма и интенсивностью роста, в результате чего оказывает влияние на физиологический контроль потребления кормов за счет обострения чувства голода [6-8]. Ген **IGF-2** (инсулиноподобный фактор роста 2) является главным геном, влияющим на повышение среднесуточных приростов на откорме и увеличение мясности туш.

**Целью исследований** явилось изучение генетической обусловленности откормочных качеств свиней по ряду QTL.

**Материал и методика исследований.** Исследования проводили в 2012 г. на двух опытных группах трехпородных гибридов по 30 особей в каждой. Оценку животных производили в возрасте 180 дней. Продолжительность откорма составила в первом опыте 98 дней, во втором – 95 дней. Затраты корма в кормовых единицах фиксировались на уровне 3,22 к. ед. по первому опыту, 3,24 к. ед. по второму опыту при средней норме потребления 2,5 кг.

Материалом служили пробы ткани (ушной выщип) свиней. Выделение ДНК проводили с помощью набора реагентов для выделения ДНК **DIAtom™ DNA Prep100** (ООО «Лаборатория Изоген», Москва) согласно рекомендациям производителя. Анализ ДНК и постановку ПЦР проводили согласно

«Методическим рекомендациям по использованию метода полимеразной цепной реакции в животноводстве» [1].

Полиморфизм исследуемых генов **CAST249**; **CAST638**; **N30T**, **S52G**, **I199V**, **R200Q** в гене **PRKAG3**; **MC4R**; **IGF2**; **ССКАR** определяли методом ПЦР-ПДРФ и ПЦР анализа с последующим пиросеквенированием с использованием тест-систем, разработанных в Центре биотехнологии и молекулярной диагностики Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства имени академика Л. К. Эрнста. Для определения влияния ДНК-маркеров на качественные показатели подкожного жира осуществляли линейно-регрессионный анализ с использованием программного обеспечения **Stata 12** (США).

**Результаты исследований и их обсуждение.** Анализ полиморфизма исследованных генов показал отсутствие полиморфных вариантов у исследованных животных по генам **CAST249** и **R200Q** в гене **PRKAG3**. По гену **PRKAG3** в позиции **V199I** в обоих экспериментах не было выявлено варианта **II**, по гену **IGF2** в обеих группах не было зафиксировано особей с **qq** генотипом и в первом эксперименте не отмечался вариант **AA** гена **ССКАR**.

Результаты линейно-регрессионного анализа ассоциаций по различным продуктивным признакам с кодоминантным эффектом **(0,1)** представлены в табл. 1-2.

Результаты исследований показывают, что по признакам вес к убою, возраст достижения массы **100** килограмм и среднесуточный прирост обнаружен значимый при  $P \leq 0,05$  аддитивный и доминантный, а также общий эффекты гена **CAST638** в первом эксперименте. По длине туши у свиней из первой группы был выявлен значимый при  $P \leq 0,05$  доминантный эффект генов **CAST638** и **MC4R**. По второму эксперименту был выявлен значимый (при  $P \leq 0,05$ ) аддитивный эффект гена **ССКАR** и значимый (при  $P \leq 0,01$ ) общий эффект гена **IGF2** на признак длины туловища.

Таблица 1

**Линейно-регрессионный анализ откормочных качеств свиней  
(эксперимент 1)**

Признак	SNP	Аддитивный эффект		Доминантный эффект		Общий эффект	
		F	Prob>F	F	Prob>F	F	Prob>F
Вес, кг	CAST638	5,34	0,029*	6,35	0,018*	3,93	0,032*
	N30T	0,13	0,717	0,03	0,861	0,07	0,934
	S52G	0,55	0,463	2,98	0,096	2,27	0,122
	V199I	-	-	-	-	0,2	0,662
	MC4R	2,84	0,103	2,84	0,103	2,24	0,126
	CCKAR	-	-	-	-	0,07	0,8
	IGF2	-	-	-	-	0,06	0,814
Возраст достижения 100 кг, дн.	CAST638	5,12	0,032*	6,34	0,018*	3,86	0,034*
	N30T	0,13	0,719	0,04	0,85	0,07	0,936
	S52G	0,54	0,468	3,04	0,093	2,29	0,12
	V199I	-	-	-	-	0,22	0,643
	MC4R	2,94	0,098	2,8	0,106	2,27	0,123
	CCKAR	-	-	-	-	0,07	0,794
	IGF2	-	-	-	-	0,06	0,812
Толщина шпика, мм	CAST638	2,29	0,142	3,9	0,059	2,14	0,137
	N30T	0,97	0,332	0,11	0,746	0,54	0,59
	S52G	0,02	0,888	0,24	0,631	0,16	0,855
	V199I	-	-	-	-	0,24	0,625
	MC4R	1,53	0,227	2,39	0,133	1,56	0,228
	CCKAR	-	-	-	-	0,07	0,795
	IGF2	-	-	-	-	0,01	0,938
Средне-суточный прирост, г	CAST638	5,99	0,021*	6,17	0,019*	4,08	0,028*
	N30T	0,12	0,726	0,01	0,912	0,07	0,933
	S52G	0,56	0,462	2,78	0,107	2,15	0,136
	V199I	-	-	-	-	0,13	0,72
	MC4R	2,4	0,133	2,91	0,1	2,1	0,142
	CCKAR	-	-	-	-	0,05	0,828
	IGF2	-	-	-	-	0,05	0,82
Длина туловища, см	CAST638	2,7	0,112	4,42	0,045*	2,45	0,105
	N30T	0,78	0,384	0,27	0,604	0,39	0,68
	S52G	0,26	0,616	2,67	0,114	1,81	0,183
	V199I	-	-	-	-	0,05	0,822
	MC4R	1,96	0,173	7,48	0,011*	3,98	0,031*
	CCKAR	-	-	-	-	0,05	0,822
	IGF2	-	-	-	-	0,89	0,354
Масса окорока, кг	CAST638	1,46	0,237	0,23	0,634	0,74	0,487
	N30T	0,01	0,926	2,68	0,113	1,93	0,165
	S52G	5,53	0,026*	0,96	0,335	2,83	0,077
	V199I	-	-	-	-	0,16	0,689
	MC4R	1,55	0,223	0,13	0,72	1,04	0,369
	CCKAR	-	-	-	-	0,13	0,726
	IGF2	-	-	-	-	0,27	0,608
Диаметр длиннейшей мышцы спины, см	CAST638	1,13	0,297	0,06	0,815	0,62	0,545
	N30T	0,4	0,531	0,2	0,656	0,21	0,815
	S52G	1,45	0,238	1,7	0,204	2,15	0,137
	V199I	-	-	-	-	0,22	0,64
	MC4R	0,05	0,822	1,42	0,243	0,72	0,498
	CCKAR	-	-	-	-	2,96	0,097
	IGF2	-	-	-	-	0,3	0,586

Примечание: \* P≤0,05; \*\* P≤0,01

Таблица 2

**Линейно-регрессионный анализ откормочных качеств свиней  
(эксперимент 2)**

Признак	SNP	Аддитивный эффект		Доминантный эффект		Общий эффект	
		F	Prob>F	F	Prob>F	F	Prob>F
Вес, кг	CAST638	-	-	-	-	0,52	0,478
	N30T	1,07	0,311	0,38	0,545	0,67	0,519
	S52G	0,37	0,55	0,21	0,653	0,92	0,412
	V199I	-	-	-	-	0,89	0,355
	MC4R	2,58	0,12	1,02	0,322	1,36	0,274
	CCKAR	0,06	0,802	3,73	0,064	2,02	0,153
	IGF2	-	-	-	-	0,34	0,563
Возраст достижения 100 кг, дн.	CAST638	-	-	-	-	0,52	0,477
	N30T	1,06	0,311	0,36	0,553	0,66	0,523
	S52G	0,38	0,542	0,21	0,65	0,95	0,401
	V199I	-	-	-	-	0,89	0,353
	MC4R	2,58	0,12	1	0,326	1,37	0,272
	CCKAR	0,07	0,799	3,81	0,061	2,06	0,147
	IGF2	-	-	-	-	0,35	0,562
Толщина шпика, мм	CAST638	-	-	-	-	0,43	0,518
	N30T	0	0,972	1,66	0,208	0,84	0,442
	S52G	0,63	0,435	0,39	0,539	0,32	0,729
	V199I	-	-	-	-	0,08	0,784
	MC4R	1,55	0,224	1,99	0,17	1,02	0,374
	CCKAR	0,7	0,41	0,18	0,672	0,4	0,677
	IGF2	-	-	-	-	0,84	0,369
Средне-суточный прирост, г	CAST638	-	-	-	-	0,32	0,575
	N30T	0,89	0,353	1,11	0,302	0,92	0,41
	S52G	0,27	0,606	0,14	0,716	0,64	0,533
	V199I	-	-	-	-	0,91	0,348
	MC4R	1,78	0,193	0,84	0,367	0,91	0,415
	CCKAR	0	0,969	2,67	0,114	1,38	0,27
	IGF2	-	-	-	-	0,46	0,503
Длина туловища, см	CAST638	-	-	-	-	0,19	0,668
	N30T	1,61	0,216	1	0,326	1,2	0,316
	S52G	0,42	0,52	2,33	0,139	1,32	0,284
	V199I	-	-	-	-	0,17	0,682
	MC4R	0,21	0,651	0,07	0,787	0,6	0,557
	CCKAR	5,2	0,031*	1,53	0,227	3	0,066
	IGF2	-	-	-	-	9,35	0,005**
Масса окорока, кг	CAST638	-	-	-	-	0,01	0,935
	N30T	3,39	0,077	1,53	0,226	2,28	0,121
	S52G	1,13	0,297	0,47	0,498	0,57	0,573
	V199I	-	-	-	-	0,52	0,479
	MC4R	1,11	0,302	0,03	0,863	1,78	0,188
	CCKAR	2,76	0,108	0,37	0,55	1,76	0,192
	IGF2	-	-	-	-	2,38	0,134
Диаметр длиннейшей мышцы спины, см	CAST638	-	-	-	-	1,53	0,227
	N30T	1,05	0,314	0	0,959	0,53	0,597
	S52G	0,12	0,736	0,37	0,546	0,75	0,483
	V199I	-	-	-	-	1,22	0,278
	MC4R	0,21	0,648	0,27	0,606	1,08	0,355
	CCKAR	0,03	0,862	1,44	0,24	0,79	0,465
	IGF2	-	-	-	-	1,01	0,324

Примечание: \* P≤0,05; \*\* P≤0,01

Также в некоторых случаях были выявлены ассоциации, носящие характер тенденции (при  $P \leq 0,10$ ), так по признаку веса кубую по первому опыту тенденция к доминантному эффекту генов **PRKAG3** в позиции **S52G** (первый эксперимент) и **ССКАР** (второй эксперимент), по возрасту достижения массы **100** кг тенденция к аддитивному эффекту гена **MC4R** (первый эксперимент) и к доминантному эффекту гена **ССКАР** (второй эксперимент), по признаку толщины шпика тенденция к доминантному эффекту гена **CAST638** (первый эксперимент), по признаку среднесуточного прироста тенденция к доминантному эффекту гена **MC4R** (первый опыт), по признаку массы окорока тенденция к аддитивному эффекту гена **PRKAG3** в позиции **N30T** (второй опыт), по диаметру длиннейшей мышцы спины и гену **ССКАР** (первый эксперимент).

**Выводы.** По исследуемым признакам зафиксированы ассоциации, которые в ряде случаев носили характер тенденции, что, по всей вероятности, обусловлено ограниченным числом исследованных особей в обоих экспериментах. Полученные данные позволяют сделать предположение о наличии связи некоторых исследованных генетических маркеров (**CAST638**, **MC4R**, **IGF2** и **ССКАР**) с показателями откормочной продуктивности.

Список использованной литературы:

1. Методические рекомендации по использованию метода полимеразной цепной реакции в животноводстве / Н. А. Зиновьева, А. Н. Попов, Л. К. Эрнст [и др.]. — Дубровицы : ВИЖ, 1998. — 47 с.
2. Рыбалко В. П. Пути развития свиноводства на Украине / В. П. Рыбалко // Свиноводство. — 2002. — № 6. — С. 10—12.
3. Different allele frequencies of MC4R gene variants in Chinese pig breeds / M. Chen, A. Wang, J. Fu, N. Li // Archiv fuer Tierzucht Dummerstorf. — 2004. — Vol. 47 (5). — P. 463—468.
4. Association of melanocortin 4 receptor (MC4R) and high mobility group AT-hook 1 (HMGA1) polymorphisms with pig growth and fat deposition traits / K. S. Kim, J. J. Lee, H. Y. Shin [et al.] // Animal Genetics. — 2006. — Vol. 37 (4). — P. 419—421.
5. Association of the melanocortin 4 receptor with feed intake and daily gain in F2 Mangalitsa x Pietrain pigs / K. Meidther, A. K. Wermter, A. Hinney [et al.] // Animal Genetics. — 2006. — Vol. 37 (3). — P. 245—247.
6. A polymorphism in the 5' untranslated region of the porcine Cholecystokinin Type-A Receptor (ССКАР) gene affects feed intake and growth Genetics: Published Articles Ahead of Print / R. D. Houston, C. S. Haley, A. L. Archibald [et al.] // Published on September 1. — 2006 as 10.1534. — Genetics. — 106.059659.
7. Johnson R. Effect of DNA Markers in Nebraska Selection Lines Nebraska / R. Johnson // Swine Report. — 2010. — P. 44—50.
8. Clutter A. C. Rapid communication: the cholecystokinin type-A receptor (ССКАР) gene maps to porcine chromosome 8 / A. C. Clutter, S. Sasaki, D. Pomp // J. Anim. Sci. — 1998. — Vol. 76. — P. 1983—1984.

С. М. Раскатова, О. В. Костюніна, О. А. Траспов, К. М. Шавиріна, Н. А. Зинов'єва. **Генетична обумовленість відгодівельних якостей свиней по ряду QTL.**

Вивчено поліморфізм генів CAST249, CAST638; N30T, S52G, I199V, R200Q в гені PRKAG3; MC4R, IGF2, CCKAR у трьохпородних гібридів. Лінійно-регресійний аналіз показників відгодівельної продуктивності показав наявність значимого адитивного, домінантного і загального ефекту гена CAST638 на показник живої маси до забою, вік досягнення живої маси 100 кг і середньодобовий приріст. Був виявлений значимий домінантний ефект генів CAST638 і MC4R, адитивний ефект гена CCKAR і значимий загальний ефект гена IGF2 на ознаку довжини тулуба. Були виявлені тенденції до залежності між живою масою до забою і генами PRKAG3 в позиції S52G і CCKAR, за віком досягнення живої маси 100 кг і генами MC4R і CCKAR, за ознакою товщини шпиків і гена CAST638, за ознакою середньодобового приросту і гена MC4R, за ознакою маси окосту і гена PRKAG3 в позиції N30T, по діаметру найдовшого м'язу спини і гена CCKAR.

S. Raskatova, O. Kostyunina, A. Traspov, K. Shavyrina, N. Zinovieva. **Genetic conditionality of qualitative indicators of subcutaneous fat of pigs at different QTLs.**

The polymorphism of genes CAST249, CAST638; positions N30T, S52G, I199V, R200Q in the PRKAG3 gene; MC4R, IGF2, CCKAR the three-breed hybrids of pigs was studied. An analysis of the qualitative indicators of fattening productivity experimental groups was carried out. The linear-regression analysis of qualitative indicators of fattening productivity showed significant additive, dominant and both effects of the CAST638 gene to the slaughter weight, age at weight of 100 kg and the average daily gain. Trends were identified considering the relationship between the slaughter weight and genes PRKAG3 (in position S52G) and CCKAR, age at weight of 100 kg and genes MC4R and CCKAR, the thickness of backfat and gene CAST638, the average daily gain and gene MC4R, the mass ham and gene PRKAG3 (in position N30T), diameter of longissimus dorsi and gene CCKAR.