

М. В. Позовникова¹, О. В. Тулинова¹, Е. В. Арлимова¹, Т. Э. Позднякова², В. А. Паскачева²

Исследование племенной ценности быков айрширской породы отечественного генофонда с различными полиморфными типами гена *DGAT1*

Аннотация. Целью нашей работы была оценка быков-производителей айрширской породы отечественного генофонда с различными генотипами гена *DGAT1* по индексу племенной ценности по родословной (ИПЦ_{РОД}) и молочной продуктивности их дочерей (ПЦ). В исследование было включено 125 быков, имеющих оценку по родословной (ИПЦ_{РОД}) и 72 быка имеющих внутрискладную оценку. Анализ данных показал, что быки с генотипом АК гена *DGAT1* имеют высокий генетический потенциал по показателю процентного содержания жира ($p \leq 0,05$). Проведена внутрискладная оценка быков по удою (кг), жиру (%), белку (%) их дочерей ($n=16383$) и определена средняя племенная ценность (ПЦ) по этим признакам с учетом влияния стада, года и сезона отела (2012–2016 гг.). Дочери быков-носителей генотипа АА гена *DGAT1* имели превосходство над сверстницами — дочерьми быков-носителей генотипа АК по удою на 1059 кг молока по абсолютному значению при $p \leq 0,01$ и на 245,7 кг по ПЦ при $p \leq 0,05$, а также по содержанию белка, по абсолютному значению на 0,10% и ПЦ на 0,04% при достоверной разнице ($p \leq 0,02$).

Анализ сравнения совпадаемости оценок ИПЦ_{РОД} и внутрискладной оценки быков-носителей генотипа АА гена *DGAT1* по дочерям показал отсутствие разницы между этими оценками. Это можно расценивать как их типичность, то есть схожесть. Другими словами, в этой группе быков можно по прогнозу продуктивности по ИПЦ_{РОД} судить о потенциале еще неоцененных производителей.

Генотипирование быков-производителей айрширской породы по гену *DGAT1* можно рекомендовать как дополнительный маркер при их оценке для прогноза продуктивности их дочерей.

Ключевые слова: быки-производители, айрширская порода, ген *DGAT1*, генотип, продуктивность.

Авторы:

Позовникова Марина Владимировна — старший научный сотрудник лаборатории; e-mail: marina.qpr@gmail.com;

Тулинова Ольга Васильевна — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории генетики и селекции айрширского скота; e-mail: tulnova_59@mail.ru;

Арлимова Екатерина Владимировна — научный сотрудник лаборатории генетики и селекции айрширского скота; e-mail: kapyusta@yandex.ru;

Позднякова Татьяна Эрастовна — кандидат биологических наук, доцент кафедры генетики, разведения и биотехнологии животных; e-mail: genetika.spbgau@mail.ru;

Паскачева Виктория Александровна — магистрант кафедры генетики, разведения и биотехнологии животных; e-mail: viktorija.paska4eva@yandex.ru.

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», 196601, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Московское шоссе, д. 55а;

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 196601, Санкт-Петербург, Пушкин, Петербургское ш. 2.

Введение. Молекулярно-генетические исследования сельскохозяйственных животных сосредоточены главным образом на идентификации генов, влияющих на экономически важные признаки, которые учитываются в программах селекции. Для крупного рогатого скота (КРС) молочных пород

одним из важных показателей является молочная продуктивность коров. Многочисленные исследования генома КРС свидетельствуют о том, что только для двух SNP (Single nucleotide polymorphism), расположенных в генах *DGAT1* и *ABCG2*, показаны значимые эффекты с концентрацией жира

и белка в молоке, при этом они имеют высокую наследуемость признака. В 2002 г. в двух независимых исследованиях было показано, что миссенс-мутация в 8-м экзоне гена *DGAT1* приводит к замещению остатка аминокислоты лизина аланином в позиции 232 белка (K232A полиморфизм) и представляет собой QTL (Quantitative Trait Loci) [1, 2]. Рядом авторов, а также нашими собственными исследованиями установлено, что аллель А гена *DGAT1* ассоциирован с высокими удоями, а аллель К — с процентным содержанием жира и белка в молоке у коров молочных пород [3, 4].

В нашей работе мы изучили связь полиморфных вариантов гена *DGAT1* по замене K232A с показателями молочной продуктивности в популяции айрширских быков отечественного генотипа. Полученные результаты могут быть использованы в программах по разведению айрширского скота РФ.

Целью нашей работы была оценка быков айрширской породы отечественного генотипа с различными генотипами гена *DGAT1* по индексу племенной ценности по родословной (ИПЦ_{РОД.}) и молочной продуктивности их дочерей (ПЦ).

Материалы и методы. Исследования проводились в ВНИИГРЖ в период 2017–2018 гг. по 135 образцам спермы айрширских быков шести предприятий РФ. Выделение ДНК из биологического материала и генотипирование животных было проведено нами ранее для изучения полиморфизма гена *DGAT1* в популяции айрширских быков отечественного генотипа [5].

Для прогноза ПЦ быков рассчитан индекс племенной ценности по родословной (ИПЦ_{РОД.}) по формуле $\text{ИПЦ}_{\text{РОД.}} = 0,5 \text{ ПЦ}_O + 0,25 \text{ ПЦ}_{\text{ОМ}} + 0,125 \text{ ПЦ}_{\text{ОММ}}$, где ПЦ_O , $\text{ПЦ}_{\text{ОМ}}$, $\text{ПЦ}_{\text{ОММ}}$ — ПЦ отца, отца матери и отца матери матери [6].

С помощью программы «СГС-ВНИИГРЖ» проведена внутрискладная оценка быков по удою (кг), жиру (%), белку (%) их дочерей ($n=16383$) и определена средняя племенная ценность (ПЦ) по этим признакам с учетом влияния стада, года и сезона отела (2012–2016 гг.) [7].

Сравнение средних значений групп проводили однофакторным дисперсионным анализом в программе Microsoft Excel.

Результаты и обсуждения. На первом этапе исследования проведен анализ быков-производителей по прогнозу ИПЦ_{РОД.} по удою и процентному показателю жира (таб. 1). Всего оценено было 125 голов. Рассчитанный прогноз оценки удою и содержания жира в молоке айрширских быков подтверждают приведенные в научной литературе данные о влиянии аллеля К гена *DGAT1* на повышение жирности молока при уровне достоверности $p \leq 0,05$.

Следующим этапом исследования был анализ данных по внутрискладной оценке быков, так как значительное количество выборки составляют молодые и/или быки, не имеющие официальной оценки по потомству. По данным Васильевой Е. В. отмечается совпадение результатов официальной оценки быков с внутрискладной при коэффициентах ранговой корреляции $r=0,357-0,474$ [8].

Из всей выборки быков только 72 животных получили внутрискладную оценку. При сравнении продуктивности их дочерей, закончивших 1 лактацию в 2012–2016 гг., со сверстницами с учетом стада, года и сезона отела выявлено, что потомки быков-носителей генотипа АА превосходят по удою на 1059 кг молока по абсолютному значению при $p \leq 0,01$ и на 245,7 кг по ПЦ при $p \leq 0,05$ (табл. 2.).

По содержанию жира в молоке при превышении показателей абсолютного значения на 0,02% и ПЦ на 0,01% не наблюдается достоверной разницы между дочерьми быков с различными генотипами гена *DGAT1* в отличие от содержания белка, абсолютное значение которого выше у дочерей быков с генотипом АА на 0,10% и ПЦ на 0,04% при достоверной разнице ($p \leq 0,02$). При этом следует отметить, что оценка быков ПЦ_{РОД.} позволяла сделать прогноз, что дочери быков-носителей генотипа АК будут отличаться высокой жирномолочностью. Однако, как показывает практика, несовершенство условий содержания и кормления не всегда позволяет полностью реализовать наследственные задатки организма [9]. Также следует отметить, что авторами [10] показана высокая передающая способность быков-производителей айрширской породы по удою ($r_s=0,745 \pm 0,110$; $P < 0,001$) и низкая — по содержанию жира в молоке ($r_s=0,325 \pm 0,155$; $P < 0,05$). Высокий коэффициент наследуемости по удою ($h^2=0,38$) также

Таблица 1. Оценка быков-производителей по ИПЦ_{РОД.} в зависимости от генотипа по гену *DGAT1*

Показатель	Генотип быков		
	АА (n=115)	АК (n=8)	КК (n=2)
Удой 305 дней	52,6±21,1	58,0±84,5	97,5±91,5
Жир %	-0,012±0,005 а	0,03±0,01 b	0,07±0,03

Уровень достоверности а-в, $p \leq 0,05$.

отмечается и Абрамовой Н. И. с соавт., что свидетельствует об эффективности отбора по продуктивным признакам [11].

Для сравнения совпадаемости оценок ИПЦ_{РОД} и внутристадной оценки быков по дочерям, нами была проанализирована наиболее многочисленная группа быков с генотипом АА гена *DGAT1*. Среди производителей в данной группе 64 быка имеют не только оценку по ИПЦ_{РОД}, но и 16121 их дочь закончили 1 лактацию со средним удоем 6437 кг молока (табл. 3). При сравнении ПЦ по продуктивности дочерей и ИПЦ_{РОД} не наблюдается достоверной разницы. Однако отсутствие разницы между этими оценками можно расценивать как их типичность, то есть схожесть. Другими словами, в этой группе быков можно по прогнозу продуктивности по ИПЦ_{РОД} судить о потенциале еще неоцененных производителей.

Основываясь на вышесказанном, можно предположить что по ИПЦ_{РОД} неоцененных по качеству потомства быков можно делать прогноз о продуктивности их дочерей (таб. 4). Так быки по ИПЦ_{РОД} с генотипом АА, которые составляют 87,7% среди неоцененных производителей, превосходят особей с генотипом АК на 70,3 кг и достоверно уступают по показателю ПЦ содержанию жира на 0,047 ($p \leq 0,05$).

В целом можно отметить, что генотипирование быков-производителей айрширской породы по гену *DGAT1* можно рекомендовать как дополнительный маркер при их оценке. При условиях, обеспечивающих полную реализацию генетического потенциала животных, можно делать прогноз, что генотип АА быков-производителей будет оказывать влияние на высокие удои дочерей, а генотипы АК и КК — на высокое процентное содержание жира в молоке.

Таблица 2. Племенная ценность быков с различными генотипами гена *DGAT1* по внутристадной оценке по продуктивности дочерей

Показатель по 1-й лактации	Генотип быков	
	АА (n=67)	АК (n=5)
Количество дочерей	16383	566
Удой 305 дней	6430±94 a	5371±274 b
% жир	4,13±0,02	4,15±0,06
% белок	3,30±0,01 c	3,20±0,041 d
ПЦ удой 305 дней	4,9±21,2 e	-240,8±87,4 f
ПЦ % жир	-0,001±0,006	0,008±0,026
ПЦ % белок	-0,01±0,004 g	-0,05±0,016 h

Уровень достоверности a-b, $p \leq 0,01$; c-d, g-h, $p \leq 0,02$; e-f, $p \leq 0,05$.

Таблица 3. Сравнение оценок, полученных разными методами, быков с генотипом АА по гену *DGAT1*

Показатель	Метод оценки быков	
	Внутристадная	ИПЦ _{РОД}
Количество дочерей	16121	—
Удой 305 дней	6437±97	—
% жир	4,12±0,01	—
% белок	3,30±0,01	—
ПЦ удой 305 дней	7,5±22,0	22,7±28,1
ПЦ % жир	-0,003±0,006	-0,02±0,008
ПЦ % белок	-0,01±0,004	-0,01±0,006

Таблица 4. ПЦ_{РОД} быков-производителей, с различными генотипами гена *DGAT1*, неоцененных по потомству

Показатель	Генотип быков		
	АА (n=50)	АК (n=5)	КК (n=2)
Удой 305 дней	90,9±31,6	20,6±128,3	97,5±91,5
Жир %	-0,005±0,007 a	0,042±0,01b	0,07±0,03

Уровень достоверности a-b, $p \leq 0,05$;

Работа выполнена при финансовой поддержке ФАНО (тема ГЗ №АААА-А18-118021590138-1 и ГЗ №АААА-А18-118021590134-3)

Литература

1. Winter A. Association of a lysine-232/alanine polymorphism in a bovine gene encoding acyl-CoA: diacylglycerol acyltransferase (DGAT1) with variation at a quantitative traits locus for milk fat content / A. Winter, W. Kramer, F. Werner, S. Kollers, S. Kata, G. Durstewitz, J. Buitkamp, J. Womack, G. Thaller, R. Fries // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. — 2002. — V.99. — P. 9300–9305.
2. Grisart B. Positional candidate cloning of a QTL in dairy cattle: identification of missense mutation in the bovine DGAT1 gene with major effect on milk yield and composition / B. Grisart, W. Coppieters, F. Farnir, L. Karim, C. Ford, P. Berzi, N. Cambisano, M. Mni, S. Reid, P. Simon // *Genome Research*. — 2002. — V. 12. — P. 222–231.
3. Виноградова И. В. Ассоциация полиморфизма генов DGAT1и GHR с показателями молочной продуктивности коров черно-пестрой породы / И. В. Виноградова, О. В. Костюнина, А. А. Сермягин, В. Р. Харзинова, Н. А. Зиновьева // *Молочное и мясное скотоводство*. — 2018. — № 2. — С. 8–11.
4. Позовникова М. В. Связь полиморфизма гена DGAT1 с хозяйственно полезными признаками коров / М. В. Позовникова, О. В. Тулинова, Г. Н. Сердюк, О. В. Митрофанова // *Молочное и мясное скотоводство*. — 2017. — № 8. — С. 9–12.
5. Позовникова М. В. Полиморфизм гена диацилглицеролацилтрансферазы-1 у быков отечественного генотипа айрширской породы / М. В. Позовникова, Г. Н. Сердюк, О. В. Тулинова // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. — 2018. — № 4(72). — С. 295–298.
6. Живоглазова Е. В. Сравнительный анализ оценок айрширских быков по качеству потомства / Е. В. Живоглазова, О. В. Тулинова // *Селекция на современных популяциях отечественного молочного скота как основа импортозамещения животноводческой продукции. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Федеральное агентство научных организаций, ФГБНУ «Белгородский федеральный аграрный научный центр Российской академии наук»*. — 2018. — С. 57–62.
7. Сергеев С. М., Тулинова О. В. Селекционно-генетическая статистика — ВНИИГРЖ. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ РФ, №. 2015663613, 2015.
8. Васильева Е. Н. Биологические и селекционные факторы повышения качества генотипа производителей айрширской породы скота на основе их генетической оценки / Е. Н. Васильева // *Ученые записки Петрозаводского государственного университета*. — 2018. — № 3(172). — С. 96–100.
9. Литонина А. С. Эффективность использования быков-производителей айрширской породы различной селекции в условиях племенного завода «Красная звезда» / А. С. Литонина, Г. В. Хабарова // *Мат. Межд. науч.-практ. Конф., посвященной 75-летию Курганской области*. — 2018. — С. 549–553.
10. Коновалов М. П. Оценка племенных качеств быков айрширской породы по передающей способности / М. П. Коновалов, А. Е. Болгов // *Ученые записки Петрозаводского государственного университета*. — 2011. — № 8. — С. 55–58.
11. Абрамова Н. И. Современное состояние и перспективы развития айрширской породы Вологодской области / Н. И. Абрамова, Г. С. Власова, Л. Н. Богорадова // *Генетика и разведение животных*. — 2017. — № 2. — С. 86–91.

Pozovnikova M.¹, Tulinova O.¹, Arlimova E.¹, Pozdnyakova T.², Paskacheva V.²

Study of the breeding value of the Ayrshire bull of the domestic gene pool with various polymorphic types of the *DGAT1* gene

Abstract. The aim of the studies was evaluation of the national Ayrshire breed sires having different genotypes of the *DGAT1* gene using the Parent Average (pedigree) index (PA) and daughters milk records (BV). The study included 125 bulls with a parent average index and 72 bulls within herd evaluation. Analysis of the data showed that bulls with the AK genotype of the *DGAT1* gene have a high genetic potential in terms of the percentage of milk fat content ($p \leq 0.05$). Within herds evaluation of bulls using milk (kg), fat (%) and protein (%) yields of their daughters ($n=16383$) was carried out, and the average breeding value (BV) was determined based on these characteristics, taking into account the influence of the herd, season and year of calving (2012–2016 yy.). Daughters of bulls-carriers of the AA genotype of the *DGAT1* gene had superiority over their contemporaries — daughters of bulls-carriers of the AK genotype on 1059 kg of milk in absolute value and in BV 245,7 kg at $p \leq 0.05$, as well as in protein content, in absolute value by 0.10% and in BV by 0.04% with a significant difference ($p \leq 0.02$).

Comparison of the coincidence of the estimates of PA and the within herd evaluation of the bulls carrying the AA genotype in DGAT1 gene showed no difference between these estimates. This can be regarded as their typicality, that is, similarity. In other words, in this group of bulls, it is possible according to the predicted productivity by PA expect the potential of not yet evaluated bulls.

Genotyping of the Ayrshire breed bulls by the DGAT1 gene can be recommended as an additional marker during evaluation and predicting the productivity of their daughters.

Keywords: sires, Ayrshire breed, DGAT1 gene, genotype, productivity.

Authors:

Pozovnikova M. — Senior Researcher; e-mail: marina.qpr@gmail.com;

Tulinova O. — PhD (Agr. Sci.), leading researcher of the laboratory of genetics and breeding of Ayrshire cattle; e-mail: tulinova_59@mail.ru;

Arlimova E. — Researcher at the laboratory of genetics and breeding of Ayrshire cattle; e-mail: kapyucta@yandex.ru;

Pozdnyakova T. — PhD (Biol. Sci.), Associate Professor of the Department of Animal Genetics, Breeding and Biotechnology; e-mail: genetikaspbgau@mail.ru;

Paskacheva V. — Master student of the Department of Animal Genetics, Breeding and Biotechnology; e-mail: viktorija.paska4eva@yandex.ru.

¹ Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — branch of the L. K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry; St. Petersburg, p.Tjarlevo, Moskovskoe shosse, 55a, 196601;

² Saint-Petersburg State Agrarian University, 2, Peterburgskoe sh., St. Petersburg — Pushkin, 196601 Russia.

References

1. Winter A. Association of a lysine-232/alanine polymorphism in a bovine gene encoding acyl-CoA: diacylglycerol acyltransferase (DGAT1) with variation at a quantitative traits locus for milk fat content / A. Winter, W. Kramer, F. Werner, S. Kollers, S. Kata, G. Durstewitz, J. Buitkamp, J. Womack, G. Thaller, R. Fries // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. — 2002. — V. 99. — P. 9300–9305.
2. Grisart B. Grisart, W. Coppieters, F. Farnir, L. Karim, C. Ford, P. Berzi, N. Cambisano, M. Mni, S. Reid, P. Simon // *Genome Research*. — 2002. — V.12. — P. 222–231.
3. Vinogradova I. V. Association of polymorphism of DGAT1 and GHR genes with indicators of milk productivity of black-and-white cows / I. V. Vinogradova, O. V. Kostyunina, A. A. Sermyagin, V. R. Kharzinova, N. A. Zinoviev // *Dairy and beef cattle*. — 2018. — № 2. — P. 8–11.
4. Pozovnikova M. V. Connection of DGAT1 gene polymorphism with economically useful traits of cows / M. V. Pozovnikova, O. V. Tulinova, G. N. Serdyuk, O. V. Mitrofanova // *Dairy and Beef Cattle Breeding*. — 2017. — № 8. — P. 9–12.
5. Pozovnikova M. V. Polymorphism of the diacylglycerolacyltransferase-1 gene in bulls of the domestic Ayrshire breed gene pool / M. V. Pozovnikova, G. N. Serdyuk, O. V. Tulinova // *News of the Orenburg State Agrarian University*. — 2018. — № 4(72). — P. 295–298.
6. Zhivoglazova E. V. Comparative analysis of assessments of the Ayrshire bulls by the quality of the offspring / E. V. Zhivoglazova, O. V. Tulinova // *Breeding on modern populations of domestic dairy cattle as the basis for import substitution of livestock products. Materials of the All-Russian scientific-practical conference with international participation. Federal Agency of Scientific Organizations, Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. — 2018. — P. 57–62.
7. Sergeev S. M., Tulinova O. V. Selection-genetic statistics — VNIIGRZH. Certificate of state registration of computer programs of the Russian Federation, no. 2015663613, 2015.
8. Vasilyeva E. N. Biological and selection factors for improving the quality of the genotype of producers of Ayrshire cattle breed based on their genetic assessment / E. N. Vasilyeva // *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta*. — 2018. — № 3(172). — P. 96–100.
9. Litonina, A. S., The Efficiency of Using Bulls of the Ayrshire Breed of Different Breeding in the Conditions of the Krasnaya Zvezda Pedigree Plant / A. S. Litonina, G. V. Khabarova // *Mat. Int. scientific-practical Conf., Dedicated to the 75th anniversary of the Kurgan region*. — 2018. — P. 549–553.
10. Konovalov M. P. Assessment of the breeding qualities of bulls of the Ayrshire breed by transmission ability / M. P. Konovalov, A. E. Bolgov // *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta*. — 2011. — № 8. — P. 55–58.
11. Abramova N. I. The current state and prospects of development of the Ayrshire breed of the Vologda region / N. I. Abramova, G. S. Vlasov, L. N. Bogoradova // *Genetics and animal breeding*. — 2017. — № 2. — P. 86–91.