

ВЛИЯНИЕ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА CAPN1C316G НА ХОЗЯЙСТВЕННО ПОЛЕЗНЫЕ ПРИЗНАКИ ДВУХ ЭКОГРУПП КОРОВ СТАДА АБЕРДИН-АНГУССКОЙ ПОРОДЫ

Габидулин Вячеслав Михайлович, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,

Алимова Светлана Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник,

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8 (3532) 43-46-74, e-mail: Gabidulin.V.M@yandex.ru

Ключевые слова: абердин-ангусская порода, коровы, полиморфизм, гены, генотипы, продуктивность, коэффициент корреляции.

В статье представлены результаты исследования проявления полиморфного состояния однонуклеотидного (SNP) гена CAPN1 C316 G на хозяйственно полезные признаки двух экогрупп коров стада абердин-ангусской породы и способности наследования их потомству. Авторами выявлено, что коровы отечественной селекции достоверно превосходили сверстниц австралийской селекции по живой массе на 9,8% ($P \leq 0,001$) и по высоте в крестце на 4,1% ($P \leq 0,001$). При этом показатель коэффициента корреляционной связи у коров между живой массой и высотой в крестце составил 0,76, между молочностью и высотой в крестце (отрицательный) – 0,09. Вместе с тем выявлено: коэффициент корреляции между показателями живой массы коров и живой массы потомства в возрасте 15 мес. составил 0,46, между живой массой коров и высотой в крестце бычков в возрасте 15 мес. составил 0,48 и между высотой в крестце у коров и бычков 0,48. При этом значимая степень наследуемости составила 0,21, 0,23 и 0,23 соответственно. В результате полиморфизма гена CAPN1 C316 коровы генотипа GG достоверно преобладали над сверстницами генотипов CG по живой массе - австралийской на 4,8% и отечественной селекции - на 2,4% ($P \leq 0,05$). При этом наименьший коэффициент изменчивости по селекционным признакам, как живая масса и высота в крестце отмечены у коров Дизайн 1015 гомозиготных генотипов GG и гетерозиготных CG, а так же Бисмарк 5682 по высоте в крестце генотипа GG, что свидетельствует о способностях данных категорий животных наследовать выше отмеченные признаки. Увеличение доли аллеля G в генотипе коров стада австралийской и отечественной селекции способствует достоверному увеличению живой массы животных на 6,5% ($P \leq 0,001$) и промера высоты в крестце на 2,4% ($P \leq 0,01$). При этом динамика развития хозяйственно-полезных признаков и способностью их наследования у коров стада абердин-ангусской породы установлено генетически обусловленным фактом.

Исследования выполнены в рамках темы НИР 0526-2021-0001.

Введение

В современной селекции важнейшее значение придаётся инновационным методам генной диагностики, это касается всех отраслей животноводства, при этом особая роль отводится определению и выявлению генов-маркеров хозяйственно ценных признаков [1, 2, 3]. Такой подход позволяет интенсифицировать сам процесс селекции, а также может способствовать выявлению закономерностей, лежащих в причинно-следственной обусловленности полиморфизма генов и структуры белков, определяющих их свойства и в конечном счёте влияющих на проявления хозяйственно значимых признаков. В нашем случае важным видятся гены, кодирующие качественные и количественные показатели мясной продуктивности [4, 5]. К ним относится целый ряд перспективных генов-кандидатов, в том числе входящий кальпаин- CAPN1C316G, который при интенсивном развитии животных

разрушает волокно мышц, что ведёт к росту мышечной ткани.

Для исследования были выбраны полиморфные варианты CAPN1C316G в 9 экзоне гена CAPN1 29 хромосомы KРС.

Цель исследования состояла в изучении влияния полиморфизма гена CAPN1C316G на показатели хозяйственно полезных признаков и их селекционно-генетических параметров для совершенствования и селекционно-племенной работы со стадом.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования были 100 коров стада абердин-ангусской породы, из них 50 коров заводской линии Бисмарка 5682 австралийской селекции и 50 коров -заводской линии Дизайна 1015, рожденные в ООО «Суерь» Курганской области.

Материалом исследования являлись результаты генотипирования коров в количестве

100 животных по гену CAPN1. В процессе намеченных исследований авторы руководствовались предписанием инструкции Russian regulations, 1987 (Order No. 755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) and «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 199, предполагающим минимальное травмирование животных и ограничение взятия количества образцов. Для исследования были сформированы две группы коров стада абердин-ангусской породы: 50 коров заводской линии Бисмарк 5682 австралийской селекции и 50 коров заводской линии Дизайна 1015. На основе ДНК, выделенной из крови с использованием набора праймеров, было проведено генотипирование животных. Фрагменты ДНК амплифицировали на программируемом термоциклере MyCycler (Bio-Rad, США). Фрагменты ДНК амплифицировали на программируемом термоциклере MyCycler (Bio-Rad, США). Для ПЦР использовали Taq полимеразу (5 ед./мкл) с поставляемым буфером – 10xTag, который предназначен для выявления бинарной SNP-мутации в пробах ДНК методом ПЦР в реальном времени с использованием аллель-специфичных зондов (ООО «Синтол») (табл.1)

Таблица 1
Праймеры для амплификации фрагментов генов ДНК и программа проведения ПЦР

Ген	Праймер	Программа ПЦР
CAPN1	5'-AGCAGCCCACCATCAGAGAAA – 3' 5'- TCAGTCTGGTTCGGCAGAT – 3'	1. 95°C 120 сек x 1 2. 64°C 40 сек x 40 3. 95°C 20 сек x 40

Лабораторные исследования проводились в ЦКП лаборатории «Агроэкология техногенных наноматериалов» ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН, (аттестат аккредитации RA. RU.21ПФ59 от 02.12.2015). www.цкп-бст.рф

Статистическая обработка полученного материала была проведена с использованием стандартного пакета статистического анализа Microsoft Office Excel (2010) и Statistica 10.0.

Результаты исследований

Анализ результатов генотипирования двух экогенотипов коров по частоте генотипов выявил неравномерность наличия гомозиготных CC и GG и гетерозиготных CG генотипов. Так гомозиготных генотипов было больше на 0,12 ед. у животных быка-производителя Дизайна, при этом разница по частоте аллелей G и C составила 0,48 ед. Наличие доли гетерозиготных генотипов в популяции является основанием

для характеристики генетической изменчивости [6]. Так у представительниц быка –производителя Бисмарк частота гетерозиготных генотипов превосходила по концентрации гомозиготных вариантов в совокупности на 0,08ед. и по частоте аллеля G в 2,2 раза. (табл.2).

По результатам анализа характеристики основных селекционных признаков коров в сравнительном аспекте выявлено, что представители линии Дизайна имели превосходство по живой массе (615,4кг ±6,19, lim- 705-495кг) на 9,8% (P≤0,001), по молочности (средняя живая масса приплода в 205 дней) (219,7кг±2,18, lim-241-184кг) на 2,4% (P≥0,05) и по высоте в крестце (134,5см±0,62, lim-140см-128см) на 4,1% (P≤0,001) относительно сверстниц линии Бисмарк.

Показатели коэффициента корреляционной связи у коров между живой массой и высотой в крестце составила 0,76, между молочностью и высотой в крестце отрицательная (-0,09). Вместе с тем выявленный коэффициент корреляции между показателями живой массы коров и живой массы потомства в возрасте 15 мес составил 0,46, между живой массой коров и высотой в крестце бычков в возрасте 15 мес составил 0,48 и между высотой в крестце у коров и бычков 0,48, при этом степень наследуемости составила 0,21, 0,23 и 0,23 соответственно.

Цель дальнейшего исследования заключалась в определении взаимосвязи параметров селекционируемых признаков животных и гена CAPN1 C316G.

Характеристика показателей продуктивности ранжированных коров по генотипу представлена в таблице 3.

При анализе характеристики селекционных признаков генотипированных коров выявлено, что гомозиготные генотипы Бисмарк с аллельными наборами GG и CC в совокупности достоверно превосходили гетерозиготных представительниц CG по живой массе на 5,3% (P≤0,01), молочности на 1,7% (P≤0,05), аналогично генотипов Дизайна на 3% (P≤0,05) и 0,8% (P≥0,05).

Вместе с тем коровы с гомозиготным набором аллелей GG достоверно преобладали над сверстницами гетерозиготных генотипов CG по живой массе в обеих группах. Так в группе коров австралийской селекции превосходство составило 4,8% и отечественной генерации на 2,4% (P≤0,05). По остальным искомым признакам достоверных различий не выявлено. При этом наименьший коэффициент изменчивости

Характеристика селекционных признаков генотипированных коров, $X \pm Sx$

Показатель	Линия Бисмарка 5682						Линия Дизайна 1015					
	Аллели											
	CC n=2		CG n=26		GG n=20		CC n=1		CG n=22		GG n=26	
	$X \pm Sx$	Cv,%	$X \pm Sx$	Cv,%	$X \pm Sx$	Cv,%	$X \pm Sx$	C,%	$X \pm Sx$	Cv,%	$X \pm Sx$	Cv,%
Живая масса, кг	627,5 \pm 24,7	3,90	548,4 \pm 3,6	7,26	574,8 \pm 9,6*	3,32	706	-	608,8 \pm 4,7	8,73	623,3 \pm 5,5*	4,38
Молочность, кг	222,0 \pm 19,8	8,92	214,7 \pm 2,6	6,10	214,3 \pm 3,2	6,55	222	-	222,3 \pm 3,01	6,20	218,4 \pm 3,2	7,36
Высота в крестце, см	133,0 \pm 0,04	-	128,3 \pm 0,3	3,30	130,4 \pm 0,9	2,99	141	-	134,0 \pm 0,90	3,37	134,9 \pm 0,9	3,06

по селекционным признакам, как живая масса и высота в крестце отмечен у коров Линии Дизайна 1015 гомозиготных генотипов GG и гетерозиготных CG, а так же Линии Бисмарка 5682 по высоте в крестце генотипа GG.

Однонуклеотидный полиморфизм гена CAPN1C316G коров двух экогрупп от генотипа с аллельным набором CG к GG выявлен достоверный коэффициент корреляции по живой массе 0,58 и высотой в крестце 0,44 ($P \leq 0,50$), при этом разница показателей продуктивности генотипов CG и GG по живой массе составила 36,2 кг (6,5%; $P \leq 0,001$), по высоте в крестце 3,1 см (2,4%; $P \leq 0,01$).

Обсуждение

Расшифровка последовательности генома крупного рогатого скота и других видов животных, последующая разработка методов и внедрение геномной селекции в отрасль животноводства являются прорывом в развитии всех отраслей, в том числе и мясного скотоводства [7, 8, 9, 10].

Проведённые нами исследования по изучению влияния полиморфизма гена CAPN1C316G на показатели хозяйственно полезных признаков показали, что у гомозиготных генотипов относительно гетерозиготных сверстниц в общем по двум группам активность кальпаина выражена более интенсивно, о чём свидетельствует достоверная разница показателей по живой массе на 3% - 5%. Аналогичные результаты исследований были получены авторами на коровах карагалинского мясного типа скота по гену CAPN1C316G, где гомозиготные генотипы CC и GG преобладали над сверстницами по живой массе в возрасте 3-х лет CC на 2,4%, GG на 5,15% ($P \leq 0,05$), в возрасте 4х-лет на 5,88% ($P \leq 0,001$), 8,37% ($P \leq 0,01$), в возрасте 5-лет на 2,06% и 3,09% соответственно [11]. Доминантность гомозиготных генотипов гена CAPN1 C316 по показателям продуктивности представлена так же в других научных работах [12, 13, 14, 15].

Вместе с тем выявлен показатель корреляционной связи между живой массой коров и живой массой потомства - 0,46, высотой в крестце матерей и их сыновей - 0,48, а так же вычислена наследуемость (0,21, 0,23). Наименьший коэффициент изменчивости у генотипов с аллельным набором CC и GG свидетельствует о способностях данными категориями животных наследования вышеназванных признаков потомству. Отбор животных в направлении увеличения частоты аллеля G в генотипе коров стада австралийской и отечественной селекции способствует достоверному увеличению живой массы животных на 6,5% ($P \leq 0,001$) и промера высоты в крестце на 2,4% ($P \leq 0,01$).

Заключение

Таким образом, при изучении взаимосвязи параметров селекционируемых признаков животных по гену CAPN1C316G коров стада абердин-ангусской породы двух экогенотипов выявлены генотипы с желательными аллельными формами GG гена CAPN1 C316, имеющие достоверное превосходство по продуктивности и способные наследовать признаки потомству. Отбор животных в направлении увеличения частоты аллеля G гена CAPN1C316G позволяет достичь повышения показателей селекционируемых признаков.

Однонуклеотидный полиморфизм гена CAPN1 C316 и проведенная геномная оценка позволяют составить более точный прогноз продуктивности и ускорить отбор за счет тестирования животных.

Для более достоверного утверждения данного вывода необходимо проведение генотипирования на большем количестве животных.

Библиографический список

1. Tyulebaev S D, Kadysheva M D, Kosilov V I and Gabidulin V M 2021 The state of polymorphism of genes affecting the meat quality in micropopulations of meat simmentals IOP Conf. Series: Earth

and Environmental Sci 624(1) 012045

2. Тюлебаев С.Д., Кадышева М.Д., Канатпаев С.М., Литовченко В.Г. Состояние аллельных форм генов CAPN1, CAST и сочетаемость разных линий в популяции брединского мясного типа симменталов // Вестник мясного скотоводства. 2017. № 2 (98). С. 52-57.

3. Li Z., Gao N., Martini J. W. R., Simianer H. (2019). Integrating gene expression data into genomic prediction. *Front. Genet.* 10:126. 10.3389/fgene.2019.00126

Интеграция данных об экспрессии генов в геномное предсказание. *Передний. Женев.* 10

4. Габидулин В.М., Алимova С.А., Тюлебаев С.Д. Современные методы эффективного использования генофонда абердин-ангусского скота австралийской селекции с использованием ДНК-маркеров // Вестник Курганской ГСХА. 2017. № 2 (22). С. 28-30.

5. Тюлебаев С.Д., Кадышева М.Д., Канатпаев С.М., Литовченко В.Г., Польских С.С. Анализ некоторых селекционно-генетических параметров оценки быков-производителей с учётом аллельных форм генов GDF5 и TG5 // Вестник мясного скотоводства. 2016. № 3 (95). С. 58-64.

6. Lippman Z. B., and D., Zamir 2007. Heterosis: revisiting the magic, trends in *Genetics*, 23(2):60–66, doi.10.1016/j.tig.2006.12.006 Липпман З.Б. и Д., Замир, 2007. Гетерозис: новый взгляд на магию, тенденции генетики, 23(2):60–66, doi.10.1016/j.tig.2006.12.006

7. Hocquette JF, Renand G, Leveziel H, Picard B, Cassar-Malek I. Potential benefits of genetics and genomics to improve beef quality – a review. *Anime Sci Rep Pop.*, 2006; 24 (3): 173–1

8. McClure MC, Morsci NS, Schnabel RD, Kim JW, Yao P, Rolf MM, McKay SD, Gregg SJ, Chapple RH, Northcutt SL, Taylor JF. *Anim Genet.* 2010; 41 (6):

597-607. DOI: 10.1111 / j.1365-2052.2010.02063.x

9. Джуламанов К.М., Дубовскова М.П. Экологическая адаптивность и иммуногенетические маркеры в племенной работе // зоотехния. 2003. № 7. С. 9–10. Селионова М.И. Гладырь Е.А. и др. Молекулярно-генетические маркеры в селекционной работе разными видами сельскохозяйственных животных // Вестник АПК Ставрополя, №2, 2012, - С. 30-35.

11. Сурундаева Л.Г. Комплексная оценка биологических особенностей и продуктивных качеств пород и новых типов мясного скота /: – автореф. дис д-ра с.-х. наук – Оренбург, 2020. – 47 с.

12. Какюмов Ф.Г., Дунин И.М., Селионова М.И., Герасимов Н.П., Баринов В.Э., Третьякова Р.Ф. Анализ полиморфизма генов CAPN1, GH и TG5 у помесного молодняка при скрещивании калмыцкого скота и красных ангусов // Животноводство и кормопроизводство. 2018 Т. 101 № 4 С. 28-34.

13. Schenkel F.S., Miller S.P., Jiang Z., Mandell I.B., Ye X., Li H., Wilton J.W. Association of a single nucleotide polymorphism in the calpastatin gene with carcass and meat quality traits of beef cattle // *J. Anim. Sci.* – 2006 – 84, No 2 – P. 291–299

14. Miquel M.C., Villarreal E., Mezzadra C., Melucci L., Soria L., Corva P., Schor A. The association of CAPN1 316 marker genotypes with growth and meat quality traits of steers finished on pasture // *Genetics and Molecular Biology.* – 2009. – 32, No 3. – P.491–496

15. Dzhulamanov, K., Gerasimov, N., Dubovskova, M., & Baktygalieva, A. (2019). Polymorphisms of CAPN1, CAST, GDF5, TG5 and GH genes in Russian Hereford cattle. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25(2), 375–379

INFLUENCE OF CAPN1C316G GENE POLYMORPHISM ON ECONOMIC AND USEFUL TRAITS OF TWO ECO-GROUPS OF ABERDEEN-ANGUS COWS

Gabidulin V.M., Alimova S.A.

FSBSI “Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences”, 460000, Orenburg, January 9 st., 29, phone: 8 (3532) 43-46-74, e-mail: Gabidulin.V.M@yandex.ru

Key words: Aberdeen Angus breed, cows, polymorphism, genes, genotypes, productivity, correlation coefficient.

The article presents results of a study of polymorphic state of CAPN1 C316 G single nucleotide (SNP) gene on economically useful traits of two eco-groups of cows of Aberdeen Angus herd and the ability of their inheritance by the offspring. The authors found that domestically bred cows were significantly superior to Australian peers in live weight by 9.8% ($P \leq 0.001$) and in rump height by 4.1% ($P \leq 0.001$). Moreover, the correlation coefficient between live weight and rump height was 0.76, between milk productivity and rump height (negative) - 0.09. In addition, it was revealed that the correlation coefficient between parameters of live weight of cows and live weight of the offspring at the age of 15 months was 0.46, between live weight of cows and rump height of bulls at the age of 15 months was 0.48 and between rump height of cows and bulls - 0.48, in this respect, a significant degree of heritability was 0.21, 0.23 and 0.23, respectively. As a result of CAPN1 C316 gene polymorphism, cows of the GG genotype were significantly superior to their peers of the CG genotypes in terms of live weight - Australian by 4.8% and domestic selection by 2.4% ($P \leq 0.05$). Concurrently, the lowest variability coefficient of breeding traits (such as live weight and height in the rump) was noted in cows Design 1015 homozygous GG genotypes and heterozygous CG, as well as Bismarck 5682 in terms of rump height of GG genotype, which shows the ability of these categories of animals to inherit higher than the marked signs. At the same time, an increase of the G allele proportion in the genotype of cows of Australian and domestic selection contributes to a significant increase in live weight of animals by 6.5% ($P \leq 0.001$) and rump height by

2.4% ($P \leq 0.01$). Moreover, the dynamics of development of economically useful traits and the ability of their inheritance by cows of Aberdeen Angus breed was established as a genetically determined fact.

Bibliography:

1. The state of polymorphism of genes affecting the meat quality in micropopulations of meat simmentals IOP Conf. Series / S. D. Tyulebaev, M. D. Kadysheva, V. I. Kosilov, V. M. Gabidulin // *Earth and Environmental Sci.* - 2021. - № 624(1). - P. 012045.
2. The state of allelic forms of CAPN1, CAST genes and compatibility of different lines in population of Bredinsky meat type of Simmental breed / S. D. Tyulebaev, M. D. Kadysheva, S. M. Kanatpaev, V. G. Litovchenko // *Vestnik of meat cattle breeding.* - 2017. - № 2 (98). - P. 52-57.
3. Integrating gene expression data into genomic prediction / Z. Li, N. Gao, J. W. R. Martini, H. Simianer // *Front. Genet.* - 2019. - 10. - P. 126. 10.3389/fgene.2019.00126
- Integration of gene expression data into genomic prediction. *Front. Zhene.10*
4. Gabidulin, V. M. Modern methods of efficient usage of the gene pool of Australian Aberdeen Angus cattle using DNA markers / V. M. Gabidulin, S. A. Alimova, S. D. Tyulebaev // *Vestnik of Kurgan State Agricultural Academy.* - 2017. - № 2(22). - P. 28-30.
5. Analysis of some selection and genetic parameters for assessing servicing bulls taking into account allelic forms of GDF5 and TG5 genes / S. D. Tyulebaev, M. D. Kadysheva, S. M. Kanatpaev, V. G. Litovchenko, S. S. Polskikh // *Vestnik of meat cattle breeding.* - 2016. - № 3(95). - P. 58-64.
6. Lippman, Z. B. Heterosis: revisiting the magic, trends in Genetics / Z. B. Lippman, D. Zamir. - 2007. - 23(2). - P. 60-66. - doi.10.1016/j.tig.2006.12.006
7. Lippman, Z. B. Heterosis: revisiting the magic, trends in Genetics / Z. B. Lippman, D. Zamir. - 2007. - 23(2). - P. 60-66. - doi.10.1016/j.tig.2006.12.006
8. Potential benefits of genetics and genomics to improve beef quality – a review / J. F. Hocquette, G. Renand, H. Leveziel, B. Picard, I. Cassar-Malek // *Anime Sci Rep Pop.* - 2006. - 24 (3). - P. 173-189.
9. McClure M. C., Morsci N. S., Schnabel R. D., Kim J. W., Yao P., Rolf M. M., McKay S. D., Gregg S. J., Chapple R. H., Northcutt S. L., Taylor J. F. *Anim Genet.* - 2010. - 41(6). - P. 597-607. - DOI: 10.1111/j.1365-2052.2010.02063.x
10. Dzhulamanov, K. M. Ecological adaptability and immunogenetic markers in breeding / K. M. Dzhulamanov, M. P. Dubovskova // *Zootechnics.* - 2003. - № 7. - P. 9–10.
11. Molecular genetic markers in breeding work with different types of agricultural animals // *Vestnik of the AIC of Stavropol.* - 2012. - № 2. - P. 30-35.
12. Surundaeva, L. G. Comprehensive assessment of biological characteristics and productive qualities of breeds and new types of meat cattle: spec. 06.02.10 : abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Agricultural Sciences / Surundaeva Lyubov Gennadiyevna. - Orenburg, 2020. - 47 p.
13. Analysis of polymorphism of CAPN1, GH and TG5 genes of crossbred young animals when crossing Kalmyk cattle and Red Angus / F. G. Kayumov, I. M. Dunin, M. I. Selionova, N. P. Gerasimov, V. E. Barinov, R. F. Tretiyakova // *Animal husbandry and feed production.* - 2018. - V. 101, № 4. - P. 28-34.
14. Association of a single nucleotide polymorphism in the calpastatin gene with carcass and meat quality traits of beef cattle / F. S. Schenkel, S. P. Miller, Z. Jiang, I. B. Mandell, X. Ye, H. Li, J. W. Wilton // *J. Anim. sci.* - 2006. - Vol. 84, No 2. - P. 291-299.
15. The association of CAPN1 316 marker genotypes with growth and meat quality traits of steers finished on pasture / M. C. Miquel, E. Villarreal, C. Mezzadra, L. Melucci, L. Soria, P. Corva, A. Schor // *Genetics and Molecular Biology.* - 2009. - Vol. 32, No 3. - P. 491-496.
16. Polymorphisms of CAPN1, CAST, GDF5, TG5 and GH genes in Russian Hereford cattle / K. Dzhulamanov, N. Gerasimov, M. Dubovskova, A. Baktygalieva // *Bulgarian Journal of Agricultural Science.* - 2019. - 25(2). - P. 375-379.