

doi:10.18286/1816-4501-2023-4-192-197

УДК 636.082.11:591.11

Влияние однонуклеотидного полиморфизма гена *bGH* на селекционные признаки генотипированных коров и их дочерей стада абердин-ангусской породы австралийской селекции

В. М. Габидулин ✉, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»
460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29
✉ Gabidulin.V.M@yandex.ru

Резюме. Внедрение результатов ассоциативных исследований полиморфизмов генов, связанных с селекционными признаками животных, становится основным ключом интенсификации сельскохозяйственного производства. В мясном скотоводстве приоритетной задачей является выявление генов, определяющих мясную продуктивность скота. Цель исследований – изучение влияния полиморфизма гена гормона роста (*bGH*) на селекционные признаки генотипированных коров и их дочерей стада абердин-ангусской породы австралийской селекции. Объектом исследования были коровы в количестве 100 голов и рождённые от них 42 телки абердин-ангусской породы австралийской селекции. На первоначальном этапе исследований было проведено генотипирование животных на образцах ДНК, выделенной из цельной крови с использованием соответствующих праймеров. По результатам исследований было выявлено, что максимальное количество животных (52 %) отнесены к гомозиготному генотипу СС, что на 36,8 % больше гетерозиготного СG и 5,2 % GG альтернативного гомозиготного генотипов, при этом частота аллеля С превышала встречаемость аллеля G на 0,42 ед. Анализ и обработка полученных результатов полиморфизма изучаемого гена у подопытных животных позволили ранжировать их по генотипам. Выявлено, что концентрация аллелей С и G в генотипе коров непосредственно влияют на селекционные признаки. Вместе с тем у коров гомозиготных генотипов с аллельным набором СС установлено достоверное превосходство по показателям живой массы и высоты в крестце относительно генотипных групп СG и СG. При этом у дочерей от коров СС-генотипа высота в крестце достоверно была выше сверстниц на 1,5...2,3 %. Полученные результаты по полиморфизму гена *bGH* и его связи с продуктивностью позволяют разработать программу маркер-ориентированной селекции в стаде абердин-ангусского скота.

Ключевые слова абердин-ангусская порода, коровы, телки, продуктивность, аллели, генотипы.

Для цитирования: Габидулин В. М. Влияние однонуклеотидного полиморфизма гена *bGH* на селекционные признаки генотипированных коров и их дочерей стада абердин-ангусской породы австралийской селекции // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4 (64). 192-197 С. doi:10.18286/1816-4501-2023-4-192-197

The influence of single nucleotide polymorphism of *bGH* gene on selection traits of genotyped cows and their daughters of the aberdeen angus herd of australian selection

Gabidulin V. M. ✉

Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences
460000, Orenburg, 9 January st., 29, tel.

✉ Gabidulin.V.M@yandex.ru

Abstract. The implementation of the results of association studies of gene polymorphisms connected with animal breeding traits is becoming the main key of intensification of agricultural production. The priority task in beef cattle breeding is to identify genes that determine meat productivity of the livestock. The purpose of the research is to study the influence of polymorphism of the growth hormone gene (*bGH*) on selection traits of genotyped cows and their daughters of the Aberdeen-Angus herd of Australian selection. The object of the study was 100 cows and 42 heifers born from them of the Aberdeen Angus breed of Australian selection. At the initial stage of the research, genotyping of animals was carried out on DNA samples isolated from whole blood using appropriate primers. According to the research results, it was revealed that the maximum number of animals (52 %) were assigned to the homozygous CC genotype, which is 36.8 % more than the heterozygous CG and 5.2 % GG of the alternative homozygous genotypes, however, the frequency of the C allele exceeded the occurrence of the G allele by 0.42 units. Analysis and processing of the obtained results of polymorphism of the studied gene in experimental animals made it possible to rank them by genotype. It was revealed

that the concentration of C and G alleles in the genotype of cows directly influence selection traits. At the same time, cows of homozygous genotypes with the CC allelic set show a significant superiority in live weight and rump height in relation to the CG and CG genotype groups. Moreover, daughters from cows of the CC genotype have significantly higher rump height than their peers by 1.5-2.3 %. The obtained results on polymorphism of the *bGH* gene and its relation with productivity allow to develop a program of marker-based selection in the herd of Aberdeen-Angus cattle.

Keywords: Aberdeen Angus breed, cows, heifers, productivity, alleles, genotypes.

For citation: Gabidulin V. M. The influence of single nucleotide polymorphism of *bGH* gene on selection traits of genotyped cows and their daughters of the aberdeen angus herd of australian selection // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2023;4(64): 192-197 doi:10.18286/1816-4501-2023-4-192-197.

Работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2021-2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (FNWZ-2021-0001)

Введение

В России в последнее десятилетие одной из стратегически важных задач агропромышленного комплекса является развитие животноводства, которое невозможно без разработки инновационных методов селекционно-племенной работы, внедрения информационных технологий и рационального использования генетических ресурсов [1, 2, 3]. Особое значение приобретает внедрение в практическую селекцию достижений молекулярной генетики, позволяющих проводить оценку животных на генетическом уровне, т. е. изучать детерминанты формирования продуктивности, используя молекулярно – генетические маркеры (ДНК-маркеры) в генетическом мониторинге и управлении селекционным процессом [4, 5, 6]. В качестве генов-маркеров рассматриваются гены, имеющие влияние на биохимические и физиологические процессы в организме, обладающие полиморфизмом (различные аллельные варианты), обусловленным, как правило, точечной мутацией [7, 8, 9]. 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 современных условиях учёными и практиками накоплена обширная информация и практика внедрения молекулярной генетики для селекционных процессов с использованием ген-маркеров в отрасли сельского хозяйства [10, 11, 12].

Вместе с тем в секторе животноводства проведение множества анализов однонуклеотидных полиморфизмов исследуемых генов при проведении геномной оценки делает возможным точнее прогнозировать продуктивность на начальном этапе развития животных, что позволяет ускорить процесс и корректировку селекции в желательном направлении [13, 14, 15]. В связи с этим входящие в каскад генов, ассоциированных с мясной продуктивностью ген *bGH*, влияющий на гормон роста и синтез белка, что непосредственно связано живой массой, концентрацией жира в межмышечных тканях, а также молочной продуктивностью животных представляет

научный и практический интерес в селекционном процессе [16, 17, 18].

Одной из основных задач, выполняемой гормоном роста, является нормализация деятельности белкового обмена, что тесно связано с поступлением аминокислот в клетки мышц и концентрации РНК, ДНК и соматических клеток, а также синтез белка клетками печени.

Следовательно, генотипирование животных по аллельному составу гена *bGH* для выявления их генетического потенциала по определённым селекционным признакам представляет важное значение в работе селекционеров в животноводстве.

Цель исследования – изучение влияния полиморфного гена *bGH* на селекционные признаки генотипированных коров и их дочерей стада абердин-ангусской породы австралийской селекции.

Материалы и методы

Исследования проведены на коровах австралийской репродукции абердин-ангусской породы. Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями 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. 1996)». В процессе выполнения намеченной цели исследования исполнялись требования по минимизации травмирования животных, а также количеству отбираемых проб.

Часть исследований проводили в ЦКП в лаборатории «Агроэкология техногенных наноматериалов» ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (аттестат аккредитации).

Для эксперимента были отобраны 100 голов коров абердин-ангусской породы, выращенные в КФХ Шмаков В. Ю. Курганской области. Генотипирование проводили на основе ДНК, выделенной из крови с использованием набора реагентов ДНК.

Полученные данные обрабатывали с использованием программного пакета «Statistica 10.0» («StatSoft Inc.», США) и «Microsoft Excel» («Microsoft», США). Достоверными считали значения при ($P \leq 0,05$), ($P \leq 0,01$), ($P \leq 0,001$).

Материалом исследования были показатели результатов генотипированных коров в количестве 100 голов абердин-ангусской породы австралийской

4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (сельскохозяйственные науки)

селекции стада КФХ Шмаков В. Ю. Курганской области по гену *bGH*. Взвешивание животных проводили на электронных весах ПСП 4-1Ж (Россия) до кормления утром, промеры брали палкой Лидтина.

Генотипирование животных было проведено на образцах ДНК, выделенной из заборной крови с использованием соответствующих праймеров (табл.1).

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

Гены/Genes	Праймеры/Primers	Программа ПЦР/PCR Programme
<i>bGH</i>	F: 5'-GCTGCTCCTGAGGGCCCTTCG-3' R: 5'-GCGGCGGCAC-TTCATGACCT-3'	1. +95 °C 30 сек 2. +64 °C 30 сек 3. +72 °C 60 сек

Частоту встречаемости генотипов определяли по формуле:

$$p = n / N, (1)$$

где p – частота генотипа;

n – количество особей, имеющих определенный генотип;

N – число особей.

Частоту отдельных аллелей определяли по формуле:

$$pA = (2nAA + nAB) \div 2N;$$

$$qB = (2nBB + nAB) \div 2N, (2)$$

где pA – частота аллеля А;

qB – частота аллеля В;

N – общее число аллелей.

Результаты

Анализ результатов полиморфизма гена *bGH* у опытной группы коров позволил ранжировать их по генотипам (табл.2). Максимальное количество животных 52 %, отнесены к гомозиготным генотипам СС, что на 36,8 % больше гетерозиготных СG и 5,2 %

GG гомозиготных генотипов, при этом частота аллеля С имела преимущество относительно аллеля G на 0,42 ед.

Таблица 2. Характеристика коров по генотипу

Генотипы	Количество животных	Частота генотипов	Частота аллелей
CC	52	0,52	С 0,71 G 0,29
CG	38	0,38	
GG	10	0,10	

Характеристика показателей продуктивности генотипированных коров свидетельствуют о достоверном превосходстве по живой массе гомозиготных представительниц группы СС на 3,5 % ($P \leq 0,05$) сверстниц СG и на 9,1 % ($P \leq 0,01$) GG, по промеру высоты в крестце на 2,6 см ($P \leq 0,01$) и 5,6 см ($P \leq 0,01$) соответственно, а также по молочности коров (живая масса приплода в возрасте 205 дней) генотипов GG на 3,1 % ($P \geq 0,05$) (табл.3). Вместе с тем наименьший коэффициент изменчивости выявлен в показателях высоты в крестце относительно других показателей.

Дальнейшим алгоритмом исследований было изучение селекционных признаков дочерей в возрасте 15 мес. от генотипированных коров (табл.4).

Количество дочерей от общего поголовья генотипированных коров-матерей составило 42 %. Все телки – дочери по средним показателям живой массы превосходили требования класса элита-рекорд в 8 мес. на 14,2 %...12,5 %, в 15 мес на 7,8 %...5,5 %. Гомозиготные телки, поученные от группы коров с аллельным набором СС, были тяжелее в возрасте 8 мес. сверстниц групп СG и GG на 1,5 %, в 15 мес – на 1,7 % и 2,8 % ($P \geq 0,05$), а также выше по высоте в крестце на 1,5 % ($P \leq 0,05$) и 2,3 % ($P \leq 0,01$) соответственно. Отсутствие достоверной разницы в показателях живой массы у дочерей генотипированных коров связано с лимитированным их кормлением в период с 8 мес. до 15 мес. для сдерживания интенсивности среднесуточного прироста живой массы в пределах 600...650 г.

Таблица 3. Показатели селекционных признаков генотипированных коров

Генотипы	Показатель продуктивности					
	Живая масса, кг		Молочность, кг		Высота в крестце, см	
	$\bar{X} \pm Sx$	$Cv, \%$	$\bar{X} \pm Sx$	$Cv, \%$	$\bar{X} \pm Sx$	$Cv, \%$
CC	609,8±6,3	7,31	220,1±2,2	7,01	134,5±0,6	3,22
CG	589,1±8,4*	8,67	220,4±2,3	6,46	131,9±0,8**	3,54
GG	558,9±12,8**	6,87	213,5±3,8	5,36	128,9±1,4**	3,32

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

Таблица 4. Параметры селекционных признаков дочерей

Генотип матери	Количество дочерей	Показатель					
		Живая масса, кг				Высота в крестце, см	
		8 мес		15 мес			
$\bar{X} \pm Sx$	$Cv, \%$	$\bar{X} \pm Sx$	$Cv, \%$	$\bar{X} \pm Sx$	$Cv, \%$	$\bar{X} \pm Sx$	$Cv, \%$
CC	23	222,6±1,2	2,55	355,6±1,6	2,16	117,4±0,4	1,49
CG	15	219,6±2,1	3,50	349,6±3,6	3,82	115,7±0,5*	1,49
GG	4	219,3±3,4	2,70	348,0±5,4	2,68	114,8±1,0**	1,48

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

В селекционной работе по животноводству и в частности в мясном скотоводстве важно учитывать связь селекционных признаков и их наследуемость для понимания масштабности и направления работы.

Выявлена корреляционная связь некоторых хозяйственно-полезных признаков у опытных животных (табл. 5).

Таблица 5. Показатели корреляционной связи между хозяйственно-полезными признаками у коров и тёлочек

Коррелируемые признаки	Коэффициент корреляции r	Наследуемость h^2
Живая масса и высота в крестце у коров	0,63	0,40
Живая масса и молочность коров	0,34	0,12
Высота в крестце и молочность коров	0,29	0,08
Живая масса и высота в крестце у тёлочек	0,89	0,79

Максимальный коэффициент корреляционной связи селекционными признаками и способностью их наследования у коров и у их дочерей выявлен между показателями живой массы и высотой в крестце. Вместе с тем у телок данный показатель относительно матерей был выше на 0,26 ед, а наследуемость на 0,39 ед.

Обсуждение

Секвенирование генома сельскохозяйственных животных и использования его результатов в практической селекции является важным этапом в развитии всей отрасли животноводства [19].

Результаты проведенных исследований по изучению влияния однонуклеотидного полиморфизма гена гормона роста *bGH* на селекционные признаки генотипированных коров и их дочерей стада абердин-ангусской породы австралийской селекции указывают, что большему положительному эффекту были подвержены гомозиготные *CC* генотипы

коров-матерей и их дочерей, о чём свидетельствуют их показатели сравнительной характеристики хозяйственно-полезных признаков. Так, коровы с аллельным набором *CC* достоверно превосходили по живой массе представительниц группы *CG* на 3,5 % ($P \leq 0,05$) и на 9,1% ($P \leq 0,01$) *GG*, по промеру высоты в крестце на 2,6 см ($P \leq 0,01$) и 5,6 см ($P \leq 0,01$) соответственно.

Важным результатом наших исследований является способность гомозиготных генотипов *CC* коров устойчиво передавать потомству хозяйственно-полезные признаки. Так, телки в возрасте 8 мес. от гомозиготных *CC* коров были тяжеловесней своих сверстниц из групп *CG* и *GG* на 1,5 %, в 15 мес на 1,7 % и 2,8 % соответственно и достоверно были выше по показателю высота в крестце на 1,5 % и 2,3 %. Аналогичные результаты были в наших предыдущих исследованиях [20]. Так, по высоте в крестце бычки генотипа *CC* в гене *bGH* были выше представителей генотипа *GG* на 2,6 % ($P \leq 0,05$), по длине туловища длиннее бычков генотипа *GG* на 4 %, телки – представительницы гомозиготного генотипа *CC* также лидировали над сверстницами генотипов *CG* на 9,8 % и *GG* – на 4,7 % ($P \leq 0,05$). Схожие результаты отмечены в исследованиях по изучению влияния полиморфизма гена гормона роста на рост и развитие помесных тёлочек красный ангус × калмыцкая породах [21].

Поученные результаты дают основание считать, что ген *bGH* имеет влияние на селекционные признаки коров и их потомства стада абердин-ангусского скота и дают возможность выбора генетически ценных и перспективных особей.

Заключение

Выявленные достоверные превосходства по основным селекционным признакам гомозиготных коров генотипа *CC* и способность передавать эти особенности потомству являются генетически детерминированным фактором.

Применение в селекционном процессе исследования по гену-маркеру гормона роста *bGH*, ассоциированного с повышенной интенсивностью роста и лучшим развитием статей экстерьера, станет дополнительным инструментом при совершенствовании стада абердин-ангусской породы.

Литература

1. Приоритеты развития агропромышленного комплекса и задачи аграрной науки и образования / А. Р. Валиев, Р. М. Низамов, Р. И. Сафин и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № 1(65). С. 97-107. doi:10.12737/2073-0462-2022-97-107. – EDN BFQMKV.
2. Integrating gene expression Data into genomic prediction / Z. Li, N. Gao, JWR Martini // Front. Genet. 2019. 10:126. doi: 10.3389/fgene.2019.00126. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fgene.2019.00126/full>
3. Роль ДНК-маркеров признаков продуктивности сельскохозяйственных животных / Н.А. Зиновьева, О.В. Костюнина, Е.А. Гладырь // Зоотехния. 2010. № 1. С. 8-10.
4. 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.
5. Матюков В. С., Жариков Я. А., Канева Л. А. Генетическая структура печорской популяции полутонкорунных овец по аллелям STR ЛОКУСОВ // Достижения науки и техники АПК. 2022. № 36 (3). С. 91-96

6. Влияние уровня геномного инбридинга, оцененного по roh-паттернам, на воспроизводительные качества и молочную продуктивность дочерей, а также спермопродукцию голштинских быков производителей / И. С. Недашковский, А. А. Сермягин, О. В. Костюнина // Достижения науки и техники АПК. 2021. № 35 (3). С. 39-45
7. Дубовскова М.П. Генотипирование скота герефордской породы по генам GHR, IGF-1 и GDF5 // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 3. С. 47-55.
8. Тюлебаев С.Д., Кадышева М.Д., Габидулин В.М., Рогачев Б.Г., Рахматуллин Ш.Г. Способ генетического прогнозирования качественных показателей говядины по аддитивному действию некоторых SNP-маркеров. // Патент на изобретение 2751959 С1, 21.07.2021. Заявка № 2020129408 от 04.09.2020.
9. Влияние генотипа на пожизненные продуктивные и воспроизводительные качества симментальских коров / И. Ф. Юмагузин, М. Т. Сабитов, А. Л. Аминова // Достижения науки и техники АПК. 2021. № 35 (2). С.52-55. doi: 10.24411/0235-2451-2451-2021-10208.
10. Каюмов Ф.Г., Третьякова Р.Ф., Третьякова Н.А. Качественные и количественные показатели мясной продуктивности бычков разных генотипов по генам CAPN1 и TG5 // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (88). С. 242 – 245. doi: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-242-245.
11. Габидулин В. М., Алимова С. А., Салихов А. А. Результаты полиморфизма гена CAPN1, ассоциированного с показателями продуктивности скота абердин-ангусской породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (79). С. 238 – 240.
12. Тюлебаев С. Д., Кадышева М. Д. Влияние полиморфных генов на качественные показатели мясной продукции // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2021. Т. 13. № 2. С. 50-56.
13. Dzhulamanov K. M., Makaev Sh. A., Gerasimov N. P Evaluation of the gene pool by GH L127V AND GHR F279Y polymorphisms in Kazakh white-headed cattle //Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. № 12 (227). С. 35-41.
14. The influence of the dams genotype on the indicators of the breeding value of offspring / A. Lapshina, V. Gabidulin, S. Alimova, et al. // Journal of Animal Science. 2021. Т. 99. No 3. P 260/
15. Мониторинг селекционно-генетических процессов в популяции ярославской породы по ярославской области / М. В. Абрамова, А.В. Ильина, С.В. Зырянова // Достижения науки и техники АПК. 2022 №36 (4). С.102-106
16. Полиморфизм гена кальпаина 1 CAPN1 530 в связи с мясной продуктивностью крупного рогатого скота герефордской и лимузинской пород / Т. А. Седых, А. К. Преснякова, И. Ю. Павлова и др. // Достижения науки и техники АПК. 2022. № 36 (11). С. 62-68. doi: 10.53859/02352451_2022_36_11_62.
17. Dzhulamanov K., Gerasimov N., Dubovskova M., Baktygalieva A. Polymorphisms of CAPN1, CAST, GDF5, TG5 and GH genes in Russian Hereford cattle // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2019. 25 (2), 375–379.
18. Герасимов Н.П. Оценка племенной ценности тёлочек казахской белоголовой породы с учётом генотипов по полиморфизмам GHR F279Y И GH L127V // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 1. С. 77-90. doi:10.33284/2658-3135-106-1-77.
19. Potential benefits of genes and genomics to improve beef quality – a review / J. F. Hocquere, G. Renand, H. Leveziel // Anim Sci Rep Pop., 2006. Vol. 24 (3) P. 173–1
20. Габидулин В. М., Алимова С. А. Селекционно-генетические параметры хозяйственно полезных признаков генотипированного молодняка абердин-ангусского скота по генам CAPN1 CAST И BGN // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 6 (92). С. 289-294. doi: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-289-294.
21. Каюмов Ф. Г., Третьякова Р. Ф., Третьякова Н. А. Полиморфизм генов CAPN1, GH, TG5 и LEP у молодняка нового мясного типа адучи // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. №5 (91). С. 206-210. doi: 10.37670/2073-0853-2021-91-5-206-210.

References

1. Priorities for development of the agro-industrial complex and tasks of agricultural science and education / A. R. Valiev, R. M. Nizamov, R. I. Safin, et al. // Vestnik of Kazan State Agrarian University. 2022.V. 17. No1(65). P. 97-107. doi:10.12737/2073-0462-2022-97-107. – EDN BFQMKB.
2. Integrating gene expression Data into genomic prediction / Z. Li, N. Gao, JWR Martini // Front. Genet. 2019. 10:126. doi: 10.3389/fgene.2019.00126. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fgene.2019.00126/full>
3. The role of DNA markers of productivity traits of agricultural animals / N.A. Zinovieva, O. V. Kostyunina, E. A. Gladyr // Zootechnics. 2010. No 1. P. 8-10.
4. Surundaeva L. G. Complex assessment of biological characteristics and productive qualities of breeds and new types of beef cattle: abstract of Dissertation of Doctor of Agricultural Sciences .Orenburg, 2020. 47 p.
5. Matyukov V. S., Zharikov Ya. A., Kaneva L. A. Genetic structure of the Pechora population of semi-fine wool sheep according to alleles of STR LOCI // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022. No 36 (3). P. 91-96
6. The influence of the level of genomic inbreeding, assessed by roh-patterns, on reproductive qualities and milk productivity of daughters, as well as sperm production of Holstein servicing bulls / I. S. Nedashkovsky, A. A. Sermyagin, O. V. Kostyunina // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2021. No 35 (3). P. 39-45

7. Dubovskova M. P. Genotyping of Hereford cattle for the GHR, IGF-1 and GDF5 genes // Animal husbandry and feed production. 2022. V. 105. No 3. P. 47-55.

8. Tyulebaev S. D., Kadyшева M. D., Gabidulin V. M., Rogachev B. G., Rakhmatullin Sh.G. A method for genetic prediction of beef quality parameters based on the additive effect of some SNP markers // Patent for invention 2751959 C1, 21.07.2021. Application № 2020129408 dated 04.09.2020.

9. Yumaguzin I. F., Sabitov M. T., Aminova A. L. The influence of the genotype on the lifelong productive and reproductive qualities of Simmental cows // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2021. № 35 (2). P.52-55. doi: 10.24411/0235-2451-2451-2021-10208.

10. Kayumov F. G., Tretyakova R. F., Tretyakova N. A. Qualitative and quantitative parameters of meat productivity of bulls of different genotypes for the CAPN1 and TG5 genes // Izvestiya of Orenburg State Agrarian University. 2021. No 2 (88). P. 242 – 245. doi: 10.37670/2073-0853-2021-88-2-242-245.

11. Gabidulin V. M., Alimova S. A., Salikhov A. A. Results of polymorphism of the CAPN1 gene associated with productivity parameters of Aberdeen-Angus cattle // Izvestiya of Orenburg State Agrarian University. 2019. No 5 (79). P. 238 -240.

12. Tyulebaev S. D., Kadyшева M. D. The influence of polymorphic genes on quality parameters of meat products // Vestnik of Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2021. Vol. 13. No 2. P. 50-56.

13. Dzhulamanov K. M., Makaev Sh. A., Gerasimov N. P Evaluation of the gene pool by GH L127V AND GHR F279Y polymorphisms in Kazakh white-headed cattle //Agrarian Vestnik of the Urals. 2022. No 12 (227). P. 35-41.

14. The influence of the dams genotype on the indicators of the breeding value of offspring / A. Lapshina, V. Gabidulin, S. Alimova, et al. // Journal of Animal Science. 2021. V. 99. No 3. P 260/

15. Monitoring of selection and genetic processes in population of Yaroslavl breed in Yaroslavl region / M.V. Abramova, A.V. Ilyina, S.V. Zyryanova // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2022 No 36 (4). P.102-106

16. Polymorphism of calpain gene 1 CAPN1 530 in connection with meat productivity of Hereford and Limousin cattle / T. A. Sedykh, A. K. Presnyakova, I. Yu. Pavlova, et al. // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2022. No 36 (11). P. 62-68. doi: 10.53859/02352451_2022_36_11_62.

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

18. Gerasimov NP. The breeding value evaluation in Kazakh White-Headed heifers according to the genotypes of GHR F279Y and GH L127V polymorphisms. Animal Husbandry and Fodder Production. 2023;106(1):77-90. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-1-77>.

19. Potential benefits of gene cs and genomics to improve beef quality – a review / J. F. Hocque e, G. Renand, H. Leveziel // Anime Sci Rep Pop., 2006. Vol. 24(3). P. 173–181

20. Gabidulin V. M., Alimova S. A. Selection and genetic parameters of economically useful traits of genotyped young Aberdeen Angus cattle using the CAPN1 CAST AND BGH* genes // Izvestiya of Orenburg State Agrarian University. 2021. No 6 (92). P. 289-294. doi: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-289-294.

21. Kayumov F. G., Tretyakova R. F., Tretyakova N. A. Polymorphism of CAPN1, GH, TG5 and LEP genes among young animals of Aduchi new meat type // Izvestiya of Orenburg State Agrarian University. 2021. No 5 (91). P. 206-210. doi: 10.37670/2073-0853-2021-91-5-206-210.