

УДК 636.082.11:636.22/28.082.13

DOI: 10.33284/2658-3135-102-4-106

Особенности полиморфизма генов CAST и bGH молодняка абердин-ангусского скота

В.М. Габидулин¹, С.А. Алимова¹, А.А. Салихов², О.С. Попцова³, Г.И. Бельков¹

¹ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург)

² Оренбургский филиал ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова» (г. Оренбург)

³ Пермский институт ФСИН России (г. Пермь)

Аннотация. В статье представлены результаты исследования генотипирования молодняка по генам-кандидатам CAST и bGH, ассоциированных с показателями продуктивности молодняка абердин-ангусской породы австралийской репродукции. Авторами выявлено, что у ранжированных 50 тёлочек и 50 бычков по гену CAST частота встречаемости гомозиготного генотипа CC у тёлочек составила 0,92 ед., у бычков – 0,88. При этом частота аллеля C превалировала над аллелем G в группе тёлочек на 0,84 ед., у бычков – 0,76 ед. По гену bGH частота встречаемости желательного генотипа GG у тёлочек составила 0,14 ед. у бычков – 0,10 ед., и гетерозиготного генотипа CG у тёлочек – 0,26 ед., у бычков – 0,32. По частоте встречаемости желательного аллеля G тёлочки превосходили бычков на 0,01 ед. и, наоборот, уступали по аллелю C 0,01 ед.

Ключевые слова: бычки, тёлочки, абердин-ангусская порода, полиморфизм, генотипы, аллели.

UDC 636.082.11:636.22/28.082.13

Peculiarities of polymorphism of CAST and bGH genes of young Angus cattle

Vyacheslav M Gabidulin¹, Svetlana A Alimova¹, Azat A Salikhov², Olga S Poptsova³, Grigoriy I Belkov¹

¹ Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia)

² Orenburg Branch of the FSBEI HE «Russian Economic University named after GV Plekhanov» (Orenburg, Russia)

³ Perm Institute of Federal Penitentiary Service of Russia (Perm, Russia)

Summary. The article presents the results of a study of genotyping of young animals by candidate genes CAST and bGH, associated with the productivity indicators of young Angus breed of Australian reproduction. Authors revealed that in ranked 50 heifers and 50 bulls according to CAST gene, the frequency of occurrence of homozygous SS genotype in heifers was 0.92 units, in bulls – 0.88. At the same time, the frequency of the C allele prevailed over the G allele in the group of heifers by 0.84 units, of bulls – 0.76 units. According to the bGH gene, the frequency of occurrence of the desired GG genotype in heifers was 0.14 units. in bulls – 0.10 units, and heterozygous CG genotype in heifers – 0.26 units, in gobies – 0.32. According to the frequency of occurrence of the desired G allele, heifers exceeded bulls by 0.01 units and, conversely, were inferior in the C allele in 0.01 units.

Key words: bulls, heifers, Angus breed, polymorphism, genotypes, alleles.

Введение.

Проблема увеличения производства говядины, повышения её качества и снижения себестоимости занимает важное место при выполнении задач в продовольственной доктрине нашего государства (Каюмов Ф.Г. и Шевхужев А.Ф., 2016; Мирошников С.А., 2018). Перед наукой и практикой стоят актуальные задачи в разработке рациональной технологии дальнейшей интенсификации разведения животных на основе ДНК-маркерной селекции (Селионова М.И. и др., 2012). В истории развития животноводства – множество примеров внедрения в селекцию и генетику методов молекулярной биологии.

В последнее десятилетие в отрасли мясного скотоводства существенно повысилась роль ДНК-маркерной селекции при генотипировании животных с целью более точной диагностики их генетического потенциала по хозяйственно-полезным признакам, что несомненно будет являться

активатором при совершенствовании и создании новых типов и пород (Calus MPL, 2010; Солошенко А.В. и др., 2014; Габидулин В.М. и др., 2016; Джуламанов К.М. и др., 2018).

Российскими и зарубежными учёными и практиками сельскохозяйственного производства на систематической основе прорабатывается вопрос применения достижений молекулярной генетики для решения тех или иных задач (Miquel MC et al., 2009; Зиннатова Ф.Ф. и Зиннатов Ф.Ф., 2014; Габидулин В.М. и др., 2017; Дубовскова М.П. и Герасимов Н.П., 2017).

Структурные генетические вариации, связанные с интересующими признаками, являются многообещающими целями, и всё больше изучаются у крупного рогатого скота для селекции и совершенствования животных. В современной зоотехнической науке требуются в своей практике знание и умение рационально использовать огромное количество групп животных, искусственно созданных человеком.

Ген кальпастина (CAST) рассматривается в качестве одного из перспективных маркеров, влияющих на спектр основных хозяйственно-полезных признаков животных: рост, живую массу и качества говядины, присущие для представителей мясных пород скота, и безусловно влияет на экономическую эффективность ведения мясного скотоводства (Тюлебаев С.Д. и др., 2017).

Кальпастин является также ферментом, который входит в группу кальпаиновых семейств ферментов и представляет собой специфический ингибитор кальций-зависимой протеазы (Schenkel FS et al., 2006).

Ген гормона роста (bGH) связан с весовым и линейным ростом у крупного рогатого скота, также с качественными показателями молочности (Pereira AP et al., 2005). Рецепторы гормона роста находятся в плазматической мембране клеток печени, жировой ткани, жёлтом теле, скелетных мышцах, хрящевой ткани, мозге, лёгких, поджелудочной железе, кишечнике, сердце, почках, лимфоцитах (Katoh K et al., 2008; Oprzadek J et al., 1999).

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 (Лазебная И.В. и др., 2010).

В связи с этим в настоящее время особенно актуальна эффективная идентификация животных с учётом полиморфизма генов-кандидатов мясной продуктивности.

Цель исследования.

Изучение особенностей полиморфизма генов CAST и bGH у молодняка абердин-ангусского скота для совершенствования селекционно-племенной работы со стадом.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Бычки и тёлки 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)». При выполнении исследований были приняты усилия, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества используемых образцов.

Схема эксперимента. Для исследования были сформированы две группы животных абердин-ангусской породы, выращенные в ООО «Суерь» Курганской области, 50 голов тёлок и 50 голов бычков в возрасте 15 месяцев. Генотипирование проводилось на основе ДНК, выделенной из крови с использованием набора реагентов для выделения ДНК.

Материалом исследования являлись результаты генотипирования молодняка по генам bGH, CAST.

Таблица 1. Праймеры для амплификации фрагментов генов ДНК и программа проведения ПЦР
Table 1. Primers for amplification of DNA gene fragments and PCR program

Гены/Genes	Праймеры/Primers	Программа ПЦР/ PCR Programme
CAST	5'- ACATTCTCCCCACAGTGCC-3' 5'-GACAGA GTCTGCGTTTTGCTC-3'	1. +95 °C 120 сек×1 2. +64 °C 40 сек×40 3. +95 °C 20 сек×40
bGH	F: 5'- GCTGCTCCTGAGGGCCCTTCG-3' R: 5'- GCGGCGGCACTTCATGACCCT-3'	1. +95 °C 30 сек 2. +64 °C 30 сек 3. +72 °C 60 сек

Частоту встречаемости генотипов определяли по формуле:

$$p=n/N,$$

где p – частота генотипа, n – количество особей, имеющих определённый генотип, N – число особей.

Частоту отдельных аллелей определяли по формуле:

$$p_A=(2n_{AA}+n_{AB})\div 2N,$$

$$q_B=(2n_{BB}+n_{AB})\div 2N,$$

где p_A – частота аллеля A , q_B – частота аллеля B , N – общее число аллелей.

По закону Харди-Вайнберга рассчитывали ожидаемые частоты генотипов в исследуемой популяции.

Лабораторные исследования проводились в Испытательном центре ЦКП (аттестат аккредитации № RA.RU.21ПФ59 от 02.12.2015) и в центре «Нанотехнологии в сельском хозяйстве» ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН.

Оборудование и технические средства. Фрагменты ДНК амплифицировали на программируемом термоциклере MyCycler (Bio-Rad, США). Для ПЦР использовали Taq полимеразу (5 ед./мкл) с поставляемым буфером – 10xTag буфер, который предназначен для выявления бинарной SNP-мутации в пробах ДНК методом ПЦР в реальном времени с использованием аллель-специфичных зондов (ООО «Синтол»).

Статистическая обработка. Статистическая обработка полученного материала проводилась с помощью алгоритма непараметрической статистики (критерий χ^2) с применением программы «Statistica 10» («Stat Soft Inc.», США).

Результаты исследования.

В результате анализа полиморфизма генов CAST и bGH у исследуемых животных выявлены определённые различия между бычками и телками австралийской репродукции по наличию гомозиготных и гетерозиготных генотипов по каждому из изученных генов (табл. 2).

Генотипированием выявлено, что у носителей гена кандидата CAST в выборке у телок разница по частоте гомозиготных генотипов CC к GG составила 0,84 ед., у бычков – 0,76 ед. Превосходили телки бычков по генотипу CC на 0,04 ед. и уступали бычкам по генотипу GG на 0,04 ед. При этом разница по частоте аллеля C в пользу телок составила 0,04 ед., а уступали бычкам по аллелю G на 0,04 ед.

По гену bGH телки также лидировали относительно бычков по частоте гомозиготного варианта CC на 0,02 ед., GG – на 0,04 ед. и были в меньшинстве по гетерозиготному генотипу на 0,06 ед. Вместе с тем по частоте встречаемости желательного аллеля G бычки уступали телкам на 0,01 ед. и, наоборот, превосходили по аллелю C на 0,01 ед.

В результате анализа полиморфизма генов CAST и bGH молодняка абердин-ангусской породы австралийской репродукции в совокупности не выявлено достоверного превосходства по половой принадлежности между бычками и телками по наличию гомозиготных и гетерозиготных генотипов. Данные генетической структуры бычков и телок абердин-ангусского скота австралийской репродукции и их взаимосвязь с показателями весового и линейного роста создают предпосылки по использованию ДНК-диагностики генотипов в селекционно-племенной работе со стадом племенного завода «Суерь».

Таблица 2. Генетическая характеристика молодняка (тёлки/бычки)
Table 2. Genetic characteristics of young animals (heifers/bulls)

Генотип/Genotype	Голов/Heads	Частота генотипов/ Genotype frequency	Частота аллелей/ Frequency of alleles	X2
Ген CAST/ CAST gene				
CC	46	0,92	C	5,34
	44	0,88	0,92	5,15
CG	-	-	0,88	
GG	4	0,08	G	
	6	0,12	0,08	
			0,12	
Ген bGH/ bGH gene				
CC	30	0,60	C	5,77
	29	0,58	0,73	1,38
CG	13	0,26	0,74	
	16	0,32	G	
GG	7	0,14	0,27	
	5	0,10	0,26	

Обсуждение полученных результатов.

В исследованиях по влиянию полиморфизма гена гормона роста на рост и развитие помесных тёлок красный ангус×калмыцкая авторами выявлено, что тёлки гомозиготного генотипа VV превосходили сверстниц по высоте в холке на 0,3 см (0,29 %), по высоте в крестце – на 0,4 см (0,37 %), ширине груди – 0,3 см (1,05 %), ширине в маклоках – 0,5 см (1,63 %). При этом особи с аллельным набором LV имели преимущество по глубине груди на 1,3 см (2,11 %), косой длине туловища – на 1,2 см (1,10 %), обхвату груди – на 0,8 см (0,62 %) и обхвату пясти – на 0,2 см (1,34 %) (Каюмов Ф.Г. и др., 2019).

Тюлебаев С.Д. и др. (2017) предполагают, что полиморфизм гена CAST и взаимодействие с геном CAPN1 влияют на формирование нежности мяса при его созревании. С развитием молекулярно-генетических методов исследований в мясном скотоводстве, в частности с абердин-ангусской породой, необходима целенаправленная селекция животных с желательным содержанием межмышечного жира, высокими качеством и нежностью мяса.

В исследованиях Селионовой М.И. и др. (2012) на животных герефордской, казахской белоголовой и калмыцкой пород установлено, что ген самотропин представлен двумя аллелями V и L с разной частотой встречаемости. Заметно высокая (0,36) встречаемость желательного для селекционно-племенной работы аллеля V была характерна для герефордов, несколько меньшая (0,22) – для казахской белоголовой, минимальная (0,11) – для калмыцкого скота. Наши полученные данные согласуются с результатами экспериментов на животных мясного направления продуктивности. Количество бычков и тёлок абердин-ангусской породы австралийской репродукции с желательным аллелем G в локусе bGH колебалось от 0,26-0,27.

Лазебная И.В. и др. (2010), Зиннатова Ф.Ф. и Зиннатов Ф.Ф. (2014), Дубовскова М.П. и Герасимов Н.П. (2017) считают, что гены CAPN1 и bGH, определяющие хозяйственно-биологических особенности молодняка мясного скота по весовому и линейному росту, дают определённое представление об их генотипе для отбора перспективных животных и создания высокоценных племенных стад.

В наших исследованиях животные с желательным GG генотипом в локусе bGH имели заметные преимущества по живой массе, ширине в груди и косой длине туловища.

Выводы.

В результате проведённых исследований установлены особенности полиморфизма генов CAST и bGH у молодняка абердин-ангусской породы австралийской селекции в зависимости от половой принадлежности. При этом максимальная частота встречаемости желательной аллели гена CAST отмечалась в группе бычков (на 0,04 ед.). Распределение молодняка изучаемых половых групп с учётом гена гормона роста свидетельствовало о несущественных различиях. Полученные данные могут быть использованы в селекционно-племенной работе со стадом племзавода «Суерь» Курганской области.

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2019-2021 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0012)

Литература

1. Влияние полиморфизма гена гормона роста на весовой рост помесных красный ангус×калмыцких тёлочек / Ф.Г. Каюмов, Н.П. Герасимов, Р.Ф. Третьякова, Н.М. Губашев // Современные научно-практические решения в области животноводства: материалы междунар. науч.-практ. конф. Уральск, 2019. С. 25-31. [Kajumov FG, Gerasimov NP, Tret'jakova RF, Gubashev NM. Vlijanie polimorfizma gena gormona rosta na vesovoj rost pomesnyh krasnyj angus×kalmyckih tjolok. (Conference proceedigs). Sovremennye nauchno-prakticheskie reshenija v oblasti zhivotnovodstva: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Ural'sk, 2019: 25-31. (In Russ)].
2. Габидулин В.М., Алимова С.А., Тарасов М.В. Влияние полиморфизма гена тиреоглобулина (TG5) на продуктивность стада мясного скота в ООО «Суерь» абердин-ангусской породы австралийской селекции в зоне Зауралья // Вестник мясного скотоводства. 2016. № 3(95). С. 21-26. [Gabidulin VM, Alimova SA, Tarasov MV. Influence of thyreoglobulin polymorphism (TG-5) on the productivity of Angus herd of Australian selection in the Trans-Ural region in LLC «Suer». Herald of Beef Cattle Breeding. 2016;3(95):21-26. (In Russ)].
3. Габидулин В.М., Алимова С.А., Тюлебаев С.Д. Современные методы эффективного использования генофонда абердин-ангусской селекции с использованием ДНК-маркеров // Вестник Курганской ГСХА. 2017. № 2(22). С. 28-30. [Gabidulin VM, Alimova SA, Tyulebayev SJ. Modern methods for the gene pool effective utilization in aberdin-angus cattle of australian selection using dna-markers. Vestnik Kurganskoy GSHA. 2017;2(22):28-30. (In Russ)].
4. Джуламанов К.М., Селионова М.И., Герасимов Н.П. Генетическая характеристика популяции герефордского скота // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2018. № 4(48). С. 59-64. doi: 10.31563/1684-7628-2018-48-4-59-64 [Dzhulamanov K, Selionova M, Gerasimov N. The genetic characteristic of hereford cattle population. Vestnik Bashkir State Agrarian University. 2018;4(48):59-64. (In Russ)]. doi: 10.31563/1684-7628-2018-48-4-59-64
5. Дубовскова М.П., Герасимов Н.П. Формирование базы данных селекционных и генетических параметров с учётом полиморфизма ДНК-маркеров скота герефордской породы // Молочное и мясное скотоводство. 2017. № 5. С. 11-13. [Dubovskova M.P., Gerasimov N.P. The formation of database with selection and genetic parameters with considering the dna markers polymorphism in hereford breed. Dairy and Beef Cattle Breeding. 2017;5:11-13. (In Russ)].
6. Зиннатова Ф.Ф., Зиннатов Ф.Ф. Роль генов липидного обмена (DGAT1, TG-5) в улучшении хозяйственно-полезных признаков крупного рогатого скота // Учёные записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Баумана. 2014. № 3. С. 164-168. [Zinnatova FF, Zinnatov FF. Role of lipid metabolism genes (dgat1, tg5) in improving economically valuable traits cattle. Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2014;3:164-168. (In Russ)].
7. Каюмов Ф.Г., Шевхужев А.Ф. Состояние и перспективы развития мясного скотоводства в России // Зоотехния. 2016. № 11. С. 2-6. [Kajumov FG, Shevkhuzhev AF. The current state and perspective of beef cattle breeding development in the Russia. Zootechniya. 2016;11:2-6. (In Russ)].
8. Лазебная И.В., Лазебный О.Е., Сулимова Г.Е. Исследование генетической изменчивости якутской породы крупного рогатого скота (Bos taurus L.) с использованием генов пролактина

bPRL, гормона роста bGH и транскрипционного фактора bPit-1 // Генетика. 2010. Т. 46 № 3. С. 425-428. [Lazebnaya IV, Lazebny OE, Sulimova GE. Study of genetic variation in Yakutian Cattle (*Bos taurus* L.) using the prolactin *bPRL*, growth hormone *bGH*, and transcription factor *bPit31* Genes. Russian Journal of Genetics. 2010;46(3):425-428. (In Russ)].

9. Мирошников С.А. Мясное скотоводство России: современное состояние и перспективы развития // Мясное скотоводство – приоритеты и перспективы развития: материалы междунар. науч.-практ. конф. (г. Оренбург, 25-26 апреля 2018 г.) / под общ. ред. чл.-корр. С.А. Мирошникова. Оренбург: Изд-во ФНЦ БСТ РАН, 2018. С. 33-34. [Miroshnikov SA. Mjasnoe skotovodstvo Rossii: sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitiya. (Conference proceedigs) Mjasnoe skotovodstvo – priority i perspektivy razvitiya: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (g. Orenburg, 25-26 aprelja 2018 g.). pod obshh. red. chl.-korr. SA Miroshnikova. Orenburg: Izd-vo FNC BST RAN, 2018: 33-34. (In Russ)].

10. Молекулярно-генетические маркеры в селекционной работе с разными видами сельскохозяйственных животных / М.И. Селионова, Е.А. Гладырь, Т.И. Антоненко, С.С. Бурлылова // Вестник АПК Ставрополя. 2012. № 2(6). С. 30-35. [Selionova MI, Gladyr EA, Antonenko TI, Burylova SS. Using of molecular genetic markers in selective work with different kinds of farm animals. Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2012;2(6):30-35. (In Russ)].

11. Состояние аллельных форм генов CAPN1, CAST и сочетаемость разных линий в популяции брединского мясного типа симменталов / С.Д. Тюлебаев, М.Д. Кадышева, С.М. Канатпаев, В.Г. Литовченко // Вестник мясного скотоводства. 2017. № 2(98). С. 52-57. [Tyulebaev SZh, Kadysheva MD, Kanatpaev SM, Litovchenko VG. The state of allelic forms of CAPN1, CAST genes and compatibility of different lines in the population of Bredy beef type of Simmentals. Herald of Beef Cattle Breeding. 2017;2(98):52-57. (In Russ)].

12. Сравнительный анализ мясных пород скота Сибири по гену TG5 (мраморность мяса) / В.А. Солошенко, Г.М. Гончаренко, В.А. Плешаков, А.А. Дворяткин, Н.Б. Гришина, Т.С. Горячева // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 1. С. 52-53. [Soloshenko VA, Goncharenko GM, Ple-shakov VA, Dvoryatkin AA, Grishina N.B., Goryacheva TS. The comparative analysis of meat breeds cattle of Siberia on the TG5 gene (marbling of meat). Achievements of Science and Technology of AIC. 2014;1:52-53. (In Russ)].

13. Calus MPL. Genomic breeding value prediction: methods and procedures. Animal. 2010;4(2):157-164. doi: <https://doi.org/10.1017/S1751731109991352>

14. Miquel MC, 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(3):491-496. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-47572009000300011>

15. Schenkel FS, Miller SP, Jiang Z, Mandell IB, Ye X, Li H, Wilton JW. Association of a single nucleotide polymorphism in the calpastatin gene with carcass and meat quality traits of beef cattle. J Anim Sci. 2006;84(2):291-299. doi: <https://doi.org/10.2527/2006.842291x>

16. Pereira AP, Alencar MM, Oliveira HN, Almeida Regitano LC. Association of GH and IGF-1 polymorphisms with growth traits in a synthetic beef cattle breed. Genetics and Molecular Biology. 2005;28(2):230-236. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-47572005000200009>

17. Katoh K, Kouno S, Okazaki A, et al. Interaction of GH polymorphism with body weight and endocrine functions in Japanese black calves. Domestic Animal Endocrinology. 2008;34(1):25-30. doi: <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2006.10.003>

18. Oprządek J, Dymnicki E, Zwierzchowski L, Łukaszewicz M. The effect of growth hormone (GH), κ -casein (CASK) and β -lactoglobulin (BLG) genotypes on carcass traits in Friesian bulls. Animal Science Papers and Reports. 1999;17:85-92.

References

1. Kayumov FG, Gerasimov NP, Tretyakova RF, Gubashev NM. The effect of growth hormone polymorphism on weight growth of crossbred Red Angus×Kalmyk heifers (Conference proceedigs). Mod-

ern Scientific and Practical Solutions in Animal Husbandry: International Materials. Scientific-Practical conf. Uralsk, 2019: 25-31.

2. Gabidulin VM, Alimova SA, Tarasov MV. Influence of thyroglobulin polymorphism (TG-5) on the productivity of Angus herd of Australian selection in the Trans-Ural region in LLC «Suer». Herald of Beef Cattle Breeding. 2016;3(95):21-26.

3. Gabidulin VM, Alimova SA, Tyulebayev SJ. Modern methods for the gene pool effective utilization in aberdin-angus cattle of australian selection using dna-markers. Vestnik Kurgan SAA. 2017;2(22):28-30.

4. Dzhulamanov K, Selionova M, Gerasimov N. The genetic characteristic of hereford cattle population. Vestnik Bashkir State Agrarian University. 2018;4(48):59-64. doi: 10.31563/1684-7628-2018-48-4-59-64

5. Dubovskova M.P., Gerasimov N.P. The formation of database with selection and genetic parameters with considering the dna markers polymorphism in hereford breed. Dairy and Beef Cattle Breeding. 2017;5:11-13.

6. Zinnatova FF, Zinnatov FF. Role of lipid metabolism genes (dgat1, tg5) in improving economically valuable traits cattle. Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2014;3:164-168.

7. Kaumov FG, Shevkhuzhev AF. The current state and perspective of beef cattle breeding development in the Russia. Zootechniya. 2016;11:2-6.

8. Lazebnaya IV, Lazebny OE, Sulimova GE. Study of genetic variation in Yakutian Cattle (*Bos taurus* L.) using the prolactin *bPRL*, growth hormone *bGH*, and transcription factor *bPit31* Genes. Russian Journal of Genetics. 2010;46(3):425-428.].

9. Miroshnikov SA. Beef cattle breeding in Russia: current status and development prospects. (Conference proceedings) Beef cattle breeding – priorities and development prospects: international materials. Scientific-Practical Conf. (Orenburg, April 25-26, 2018). edited by Corr. Memb SA Miroshnikov. Orenburg: Publishing House of the Federal Research Center of BST RAS; 2018: 33-34.

10. Selionova MI, Gladyr EA, Antonenko TI, Burylova SS. Using of molecular genetic markers in selective work with different kinds of farm animals. Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2012;2(6):30-35.

11. Tyulebaev SZh, Kadysheva MD, Kanatpaev SM, Litovchenko VG. The state of allelic forms of CAPN1, CAST genes and compatibility of different lines in the population of Bredy beef type of Simmentals. Herald of Beef Cattle Breeding. 2017;2(98):52-57.

12. Soloshenko VA, Goncharenko GM, Pleshakov VA, Dvoryatkin AA, Grishina N.B., Goryacheva TS. The comparative analysis of meat breeds cattle of Siberia on the TG5 gene (marbling of meat). Achievements of Science and Technology of AIC. 2014;1:52-53.

13. Calus MPL. Genomic breeding value prediction: methods and procedures. Animal. 2010;4(2):157-164. doi: <https://doi.org/10.1017/S1751731109991352>

14. Miquel MC, 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(3):491-496. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-47572009000300011>

15. Schenkel FS, Miller SP, Jiang Z, Mandell IB, Ye X, Li H, Wilton JW. Association of a single nucleotide polymorphism in the calpastatin gene with carcass and meat quality traits of beef cattle. J Anim Sci. 2006;84(2):291-299. doi: <https://doi.org/10.2527/2006.842291x>

16. Pereira AP, Alencar MM, Oliveira HN, Almeida Regitano LC. Association of GH and IGF-1 polymorphisms with growth traits in a synthetic beef cattle breed. Genetics and Molecular Biology. 2005;28(2):230-236. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-47572005000200009>

17. Katoh K, Kouno S, Okazaki A, et al. Interaction of GH polymorphism with body weight and endocrine functions in Japanese black calves. Domestic Animal Endocrinology. 2008;34(1):25-30. doi: <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2006.10.003>

18. Oprządek J, Dymnicki E, Zwierzchowski L, Łukaszewicz M. The effect of growth hormone (GH), κ -casein (CASK) and β -lactoglobulin (BLG) genotypes on carcass traits in Friesian bulls. *Animal Science Papers and Reports*. 1999;17:85-92.

Габидулин Вячеслав Михайлович, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела разведения мясного скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-74, e-mail: Gabidulin.V.M@yandex.ru

Алимова Светлана Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник отдела разведения мясного скота, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-74, e-mail: vniims.or@mail.ru

Салихов Азат Асгатович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры менеджмента и торгового дела, Оренбургский филиал РЭУ им. Г.В. Плеханова, 460000, г. Оренбург, ул. Ленинская/Пушкинская, дом 50/51-53, e-mail: 04051957saa@mail.ru

Попцова Ольга Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры зоотехнии, Пермский институт ФСИН России, майор внутренней службы, 614012, г. Пермь, ул. Карпинского д. 125, тел.: 8-952-646-30-64, e-mail: olya.olga-olga71@yandex.ru

Бельков Григорий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, научный руководитель, главный научный сотрудник отдела животноводства, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1, тел.: 8(3532)43-00-90 e-mail: orniish@mail.ru

Поступила в редакцию 6 декабря 2019 г.; принята после решения редколлегии 16 декабря 2019 г.; опубликована 31 декабря 2019 г. / Received: 6 December 2019; Accepted: 16 December 2019; Published: 31 December 2019