

Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С.96-107
Agricultural journal. 2023; 16 (4). P.96-107

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК:591.151:636.22/.28

DOI 10.48612/FARC/2687-1254/010.4.16.2023

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА ГОРМОНА РОСТА (*LEU127VAL*) У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА МОЛОЧНОГО И МЯСНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ (ОБЗОР)

Дарья Дмитриевна Евлагина¹, Закир Камирович Гаджиев¹,
Владимир Аникеевич Погодаев¹, Евгения Семеновна Суржикова¹,
Ольга Николаевна Онищенко^{1,2}, Лидия Валентиновна Кононова¹

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Россия, Ставропольский край, Михайловск.

E-mail: d1319731@yandex.ru

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет», Россия, Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12. E-mail: 74helga74@mail.ru

Аннотация. Изучение однонуклеотидных полиморфизмов (SNP), представляющих собой места в ДНК, где один нуклеотид заменяется другим, может быть полезным для понимания оказываемого влияния на различные фенотипические проявления признаков у животных. Целями нашей работы являлись сбор и анализ научных данных современного состояния ассоциаций полиморфизма гена гормона роста, распределения генотипов и аллелей у различных отечественных пород крупного рогатого скота. При обсуждении научных данных использовались результаты исследований, которые публиковались в открытой печати за последние 5 лет. Ген гормона роста крупного рогатого скота локализован на 19-й хромосоме, состоит из 5 экзонов и 4 интронов. Наиболее изученным считается полиморфизм обуславливающий подстановку аминокислоты лейцина вместо валина в позиции 127 синтезируемой полипептидной цепи (*GH-L127V*) в 5 экзоне. У различных авторов данные о распределении генотипов и аллелей по локусу гена гормона роста (*GH/AluI*) существенно различаются. Во всех исследуемых породах частота встречаемости аллеля *GH_L* значительно превышала частоту аллеля *GH_V* и находилась в диапазоне от 0,60 до 0,98. Полученные результаты также показывают следующую тенденцию: почти у всех пород отмечается высокое распределение гомозиготного *GH_LL* генотипа, однако в выборке бычков-помесей от калмыцкой породы и бычков-производителей красный ангус американской селекции преобладает гетерозиготный *GH_LV* генотип. Изучение однонуклеотидных полиморфизмов является своего рода указателем для производителей мясного и молочного скота. В селекционном процессе полученные данные позволяют принимать более рациональные решения при отборе особей с желательными генотипами.

Ключевые слова: ген, полиморфизм, гормон роста (*GH*), порода, ПЦР-ПДРФ анализ

Для цитирования: Полиморфизм гена гормона роста (*leu127val*) у крупного рогатого скота молочного и мясного направления продуктивности (обзор) / Д.Д. Евлагина, З.К. Гаджиев, В.А. Погодаев, Е.С. Суржикова, О.Н. Онищенко, Л.В. Кононова // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С.96-107.
DOI 10.48612/FARC/2687-1254/010.4.16.2023

Zootechny and veterinary

Original article

GROWTH HORMONE GENE POLYMORPHISM (*LEU127VAL*) IN DAIRY AND BEEF CATTLE (REVIEW)

**Daria D. Evlagina¹, Zakir K. Gadzhiev¹, Vladimir A. Pogodaev¹,
Evgeniia S. Surzhikova¹, Olga N. Onishchenko^{1,2}, Lidiia V. Kononova¹**

¹ Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasus Federal Agricultural Research Centre”, Russia, Stavropol Territory, Mikhailovsk. E-mail: d1319731@yandex.ru

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Stavropol State Agrarian University”, Russia, Stavropol, Zootekhnicheskii, 12. E-mail: 74helga74@mail.ru

Abstract. The study of single nucleotide polymorphisms (SNPs), which are places in DNA where one nucleotide is replaced by another, can be useful for understanding of the effect on various phenotypic manifestations of traits in animals. The purpose of our work was to collect and analyze scientific data on the current state of growth hormone gene polymorphism associations, genotypes and alleles distribution in various domestic cattle breeds. When discussing scientific data, we used the results of studies that were published in the open press over the past 5 years. The bovine growth hormone gene is localized on the 19th chromosome and consists of five exons and four introns. The most studied was the polymorphism that caused the substitution of the leucine amino acid instead of valine at position 127 of the synthesized polypeptide chain (*GH-L127V*) in the 5th exon. Different authors' data on the distribution of genotypes and alleles at the growth hormone gene locus (*GH/AluI*) varied significantly. In all the studied breeds, the frequency of occurrence of the *GH_L* allele significantly exceeded the frequency of the *GH_V* allele and ranged from 0.60 to 0.98. The obtained results also showed a tendency that almost all breeds had a high distribution of the homozygous *GH_LL* genotype, however, in the sample of crossbred bull calves from the Kalmyk and Red Angus breeds of American selective breeding, the heterozygous *GH_LV* genotype prevailed. The study of single nucleotide polymorphisms is a kind of indicator for producers of beef and dairy cattle. During the selection process, the obtained data allow us to make more rational decisions when selecting animal individuals with desirable genotypes.

Key words: gene, polymorphism, growth hormone (GH), breed, PCR-RFLP analysis

For citation: Growth hormone gene polymorphism (*Leu127Val*) in dairy and beef cattle (review) D.D. Evlagina, Z.K. Gadzhiev, A.V. Pogodaev, E.S. Surzhikova, O.N. Onishchenko, L.V. Kononova // Agricultural journal. 2023. No. 4 (16). p. 96-107.
DOI 10.48612/FARC/2687-1254/010.4.16.2023

Введение. В настоящее время важной проблемой, стоящей перед агропромышленным комплексом нашей страны, является увеличение производства животноводче-

ской продукции. В связи с этим необходимо внедрять новые методы эффективного подхода для увеличения и улучшения качества производимой продукции [1].

Гены-маркеры представляют значительный интерес при повышении показателей продуктивности сельскохозяйственных животных. Определение аллелей генов позволяет проводить селекцию непосредственно на уровне ДНК, прогнозировать племенные качества животных в раннем возрасте [2, 3].

В последние годы открыты и изучены различные генетические маркеры, определяющие количественные и качественные характеристики как мясной, так и молочной продуктивности. Большой интерес для повышения точности оценки генетического потенциала крупного рогатого скота представляет ген гормона роста (соматотропин (*GH*)), поскольку он играет важную роль в регуляции развития и репродуктивной функции у жвачных животных, включая процесс лактогенеза [4, 5].

Ген гормона роста крупного рогатого скота локализован на 19-й хромосоме, состоит из 5 экзонов и 4 интронов. Соматотропин принимает непосредственное участие в обмене белков, углеводов и жиров, а также является важным регулятором соматического роста организма [6, 7]. Результаты исследований, проведенные зарубежными и российскими учеными, позволяют предположить, что генотипирование животных по гену гормона роста (*GH*) может быть полезно для оценки генетического потенциала мясной продуктивности по следующим показателям: динамика и прирост живой массы, масса туши, выход мяса и мраморность, а молочности – по удою, жирномолочности и белкомолочности [8, 9, 10, 11].

Цели нашей работы – сбор и анализ научных данных современного состояния ассоциаций полиморфизма гена гормона роста распределения генотипов и аллелей у различных отечественных пород крупного рогатого скота.

Методика исследований. При подготовке аналитического обзора по результатам анализа частоты встречаемости полиморфизма гена гормона роста (соматотропин (*GH*)) и его связи с хозяйственно полезными признаками у крупного рогатого скота разных отечественных пород использовались результаты исследований, которые публиковались в открытой печати за последние 5 лет.

Результаты и обсуждение. Изучение однонуклеотидных полиморфизмов (SNP), представляющих собой места в ДНК, где один нуклеотид заменяется другим, может быть полезным для понимания оказываемого влияния на различные фенотипические проявления признаков у животных.

В гене гормона роста идентифицировано 63 SNP, из них в экзоне (кодирующей части) находятся только 3. Это означает, что эти 3 SNP могут привести к изменению кодирующей последовательности гена *GH* и, следовательно, могут влиять на его экспрессию [12].

Наиболее изученным считается полиморфизм обуславливающий замену аминокислоты лейцин вместо валина в позиции 127 синтезируемой полипептидной цепи (*GH-L127V*) в 5 экзоне. Проявляется он в виде замены цитозина на гуанин (rs41923484). Аллель *GH_L* содержит нуклеотид С (цитозин), аллель *GH_V* – G (гуанин) [13]. В таблице 1 представлена программа для ПЦР изученного полиморфного локуса гена гормона роста.

Таблица 1
Режимы ПЦР для изученного полиморфного локуса гена гормона роста

Праймеры	Область гена	Условия для амплификации	Амплификат, (п.н.)	Эндонуклеаза	Наименование SNP по номенкла- туре HGVS	SNP
F:5'-gctgctcctgagccttcg-3' R:5'-gcggcggcacttcacaccc-3'	5 эк-зон	95°C – 5 мин.; (95°C – 3 сек.; 64°C – 3 сек.; 72°C – 6 сек.) ×35 циклов; 72°C – 1 мин.	223	Alu I	c.127 C>G	rs41923484

Для определения данного полиморфизма методом ПРЦ-ПДРФ используется фермент рестриктазы AluI. Сайт разреза рестрикционного фермента: AG[^]CT. На рисунке 1 показаны длины рестрикционных фрагментов.

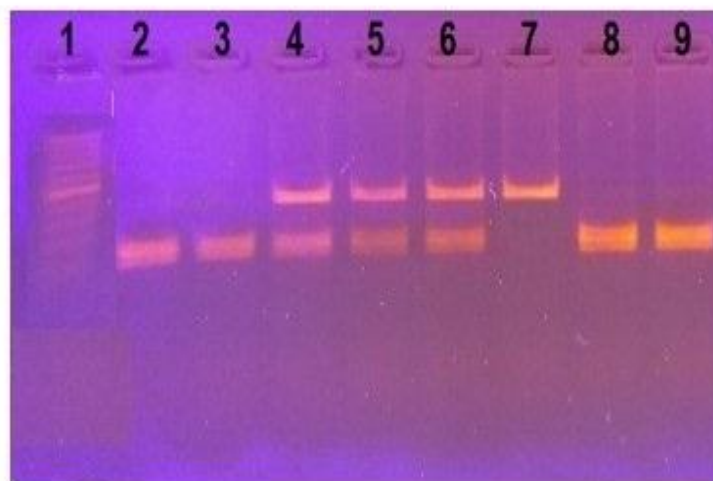


Рисунок 1. Электрофореграмма результата ПЦР-ПДРФ
гормона роста (соматотропин) (GH)

Обозначения: 1 – ДНК-маркер 50 бп (Изоген); 2, 3, 8, 9 – генотип LL (171; 52; п.н.); 4, 5, 6 – генотип LV (223, 171, 53 п.н); 7 – генотип VV (223 п.н.)

У различных авторов данные о распределении генотипов и аллелей по локусу гена гормона роста (GH/AluI) существенно различаются (таблица 2).

Таблица 2

Частота встречаемости генотипов и аллелей по гену *GH*
у изученных пород крупного рогатого скота разного направления продуктивности

Порода		Частота встречаемости					Ссылка на авторов
		аллелей		генотипов, %			
		<i>GH_L</i>	<i>GH_V</i>	<i>GH_LL</i>	<i>GH_LV</i>	<i>GH_VV</i>	
Голштинская		0,624	0,376	44,9	35,0	20,1	СафинаН.Ю. и др. [12]
Голштинизирован- наячёрно-пёстрая		0,883	0,117	77,2	22,2	0,6	Ярышкин А.А. и др.[14]
Голштинская чёрно-пёстрая		0,738	0,262	50,5	46,7	2,8	Ахметова А.Н. и др. [15]
Голштинская		0,923	0,077	84,6	15,4	–	Исакова Ж.Т. и др. [16]
Чёрно-пёстрая		0,981	0,019	96,3	3,7	–	
Алатауская		0,831	0,169	66,1	33,9	–	
Ярославская		0,76	0,24	65,0	22,0	13,0	Бобрышова Г.Т. и др. [17]
Лимузинская порода		0,92	0,08	83,0	17,0	–	Кононова Л.В. и др. [18]
Казахская белоголо- вая		0,60	0,40	51,0	18,0	31,0	Селионова М.И., Плахтюкова В.Р. [19]
Казахская белоголо- вая		0,66	0,34	40,0	46,0	14,0	Гаджиев З. К. и др. [20]
Герефордская		0,72	0,28	64,0	18,0	18,0	
Калмыцкая		0,73	0,27	61,0	25,0	14,0	
Помеси (F ₂) калмыцких ко- ров и быков- производите- лей породы красный ангус американской селекции	♂	0,66	0,34	38,0	56,0	6,0	Каюмов Ф.Г. и др. [21]
	♀	0,82	0,18	63,0	37,0	–	

В работе Сафиной Н.Ю. с соавторами представлены результаты изучения популяции голштинского скота методом ПЦР-ПДРФ, разводимых в республике Татарстан. В исследуемой популяции животных частота аллелей *GH_L* и *GH_V* по гену гормона роста составила 0,62 и 0,38. Авторами было установлено, что исследуемая популяция полиморфна и представлена тремя генотипами: *GH_LL* – 44,9% (118 гол.), *GH_LV* – 35,0% (92 гол.) и *GH_VV* – 20,1% (53 гол.) [12].

Учёными Ярышкиным А.А., Шаталиной О.С., Лешонок О.И. на тёлках голштинизированной чёрно-пёстрой породы (n = 300), разводимых в Свердловской области, было установлено, что гомозиготный генотип *GH_LL* встречался с наибольшей частотой.

той (77,2 %), а гетерозиготный *GH_LV* – значительно реже (22,2 %). Довольно редко встречались животные-носители гомозиготного *GH_VV* генотипа, частота встречаемости которого выявлялись всего в 0,6 % случаях. Частота встречаемости аллелей соответственно составила: *GH_L* – 0,883, *GH_V* – 0,117. Авторы дают заключение о том, что, возможно, такое распределение и накопление аллеля *GH_L* вместе с генотипом *GH_LL* в популяции голштинизированного крупного рогатого скота может свидетельствовать об использовании в селекции ограниченного количества быков-производителей, гомозиготных по *GH_V* аллелю [14].

По данным, полученным Ахметовой А.Н. и др., анализ полиморфизма гена *GH* у коров голштинской чёрно-пёстрой породы, разводимых в Кабардино-Балкарской Республике в племенном репродукторе ООО «Агро-Союз» Чегемского района, показал наличие преобладания в 2,8 раз аллеля *GH_L* (0,738) над аллелем *GH_V* (0,262). По результатам исследований авторы наблюдали преобладание аллеля *GH_L* в гомозиготном *GH_LL* генотипе, частота которого составила 50,4 %, и гетерозиготном – *GH_LV* – 46,7 %. Частота встречаемости гомозиготного *GH_VV* варианта была минимальной, составив 2,8 % [15].

Исаковой Ж.Т., Кипень В.Н., Чекировым К.Б. проводились исследования по выявлению полиморфизма гена гормона роста на следующих породах крупного рогатого скота: алатауской ($n = 59$), чёрно-пёстрой ($n = 54$), голштинской ($n = 52$), выращенных в племенных хозяйствах Сокулукского района Чуйской области Кыргызской Республики. По данным авторов, наиболее распространённой во всех породах стала аллель *GH_L* и генотип *GH_LL*, который составил у скота местной селекции алатауской породы 0,831 и 66,1 %; чёрно-пёстрой – 0,981 и 96,3 %, голштинской – 0,923 и 84,6 %. Особей с гомозиготным *GH_VV* генотипом не выявлено [16].

По результатам ПЦР-ПДРФ исследований, проведённых Бобрышовой Г.Т. и соавторами, установлено, что у коров ярославской породы в гене *GH* частота встречаемости аллеля *GH_L* составила 0,76, а аллеля *GH_V* – 0,24. Частота встречаемости гомозиготных вариантов *GH_LL* и *GH_VV* насчитывала 65,0 и 13,0 %, а гетерозиготного *GH_LV* – 22,0 % [17].

В исследованиях Л.В. Кононовой, Г.Н. Шарко, Т.Н. Михайленко на быках-производителях лимузинской породы, разводимых в племенных хозяйствах Ставропольского края, отмечалось, что в локусе гормона роста (*GH*) наблюдались очень низкая (0,08) частота встречаемости аллеля *GH_V* и вместе с тем высокая (0,92) – аллеля *GH_L*. Следствием выявленной ситуации явилось отсутствие в этой выборке гомозиготного (*GH_VV*) генотипа и присутствие (0,83) гомозиготного (*GH_LL*) варианта [18].

В исследованиях Селионовой М.И., Плахтюковой В.Р., проводимых на бычках казахской белоголовой породы ($n = 93$) из Благодарненского района Ставропольского края, установлено, что значительно чаще (0,60) встречалась *GH_L* аллель, реже (0,40) – *GH_V*. Высокая частота встречаемости отмечена у животных-носителей гомозиготных генотипов *GH_VV* – 31,0 % и *GH_LL* – 51,0 %, гетерозиготный генотип встречался реже *GH_LV* – 18,0 % [19].

Исследования, проведенные Гаджиевым З.К. с соавторами на 3 породах, разводимых в хозяйствах Ставропольского края, показали, что среди молодняка калмыцкой и герефордской пород сравнительно одинаковым (0,27 и 0,28) было распределение аллеля *GH_V*, но чаще (0,34) данная аллель присутствует в выборке животных казахской белоголовой породы. У особей герефордской породы отмечалась одинаковая частота встречаемости гомозиготного *GH_VV* и гетерозиготного *GH_LV* генотипов – по 18,0 %, а

а большая часть (64,0 %) животных являлась носителем гомозиготного генотипа *GH_LL* [20].

В исследовании также выявлено, что частота встречаемости гетерозиготного *GH_LV* генотипа у казахской белоголовой и калмыцкой пород была одинаковой и составила по 14,0 %. У казахской белоголовой породы частота встречаемости животных-носителей гомозиготного *GH_LL* и гетерозиготного *GH_LV* вариантов была практически одинаковой – 46,0 и 40,0 % соответственно, в то время как у калмыцкой отмечено преобладание гомозиготного *GH_LL* варианта [20].

В исследованиях, проведённых Каюмовым Ф.Г. с соавторами, изучались помесные животные (F_2), полученные в результате скрещивания калмыцких коров и быков-производителей породы красный ангус американской селекции, разводимые в условиях ООО «Агрофирма «Адучи» Целинного района Республики Калмыкия. В работе отражена низкая частота встречаемости животных с желательным генотипом *GH_VV*. У бычков она составила 6,0 %, при этом в группе тёлочек данный вариант отсутствовал. Авторы отмечают наличие довольно значительного поголовья гетерозиготных животных, которое варьировало в пределах 37,0–56,0 %, поскольку в целом по стаду частота встречаемости *GH_L*-аллели на 52,2 % преобладала над *GH_V* вариантом [21].

В литературе существуют данные о различии уровня молочной продуктивности в зависимости от генотипа по гену гормона роста.

При исследовании молочной продуктивности коров ярославской породы Бобрышова Г.Т. и соавторы установили, что животные с гомозиготным генотипом *GH_LL* незначительно превосходили по продуктивности животных с генотипами *GH_VV* и *GH_LV* [17].

В исследованиях Ткаченко И.В. и Гридиной С.Л., проводимых на первотёлках уральского типа чёрно-пёстрой породы, было выявлено, что наиболее высокой обильномолочностью за 1-ю лактацию характеризовались коровы с генотипом *GH_LL* – 7799 кг, а самый низкий удой (5674 кг) имели коровы с гомозиготным *GH_VV* генотипом [22].

Аналогичные данные получены Шайдуллиной Р.Р. с соавторами. Ими установлено, что животные с генотипом *GH_LL* давали наибольший уровень молочной продуктивности при достоверном преимуществе над полновозрастными коровами-носителями *GH_LV* и *GH_VV* генотипов, тогда как животные с генотипом *GH_VV* опережали своих сверстников наибольшей жирномолочностью (3,90 %) и белкомолочностью (3,26 %) [23].

Похожие результаты получила Ялуга В.Л. с соавторами. Авторы доказали, что коровы-носительницы генотипа *GH_LL* в холмогорской породе, по сравнению с аналогами-носителями гетерозиготного *GH_LV* генотипа, отличались наибольшим удоём (на 419 кг), но более низкой массовой долей жира и белка в молоке [24].

Однако исследования, проведенные Ярышкиным А.А. на 60 коровах уральского типа, выращенных в сельскохозяйственной организации Свердловской области, показали, что только по 1-й лактации первотёлки с генотипом *GH_LL* отличаются более высокой молочной продуктивностью, тогда как в старшем возрасте по удою лидируют коровы с генотипом *GH_LV* [25].

Танана Л.А. и соавторы проводили изучения технологических свойств мяса, полученного от животных герефордской породы в зависимости от генотипов по гену *GH*. Анализ полученных данных показал, что у быков с генотипом *GH_VV* убойные показатели значительно выше, быки с данным генотипом превосходили своих сверст-

ников с генотипами *GH_LV* и *GH_LL*: по массе парной туши – на 5,2–10,9 кг, или 1,1–2,2 %, а по коэффициенту мясности – на 5,6% и 5,7 % соответственно.

Заключение. Проанализировав обзор научных данных, можно сделать вывод о том, что во всех исследуемых породах частота встречаемости аллеля *GH_L* значительно превышала частоту аллеля *GH_V* и находилась в диапазоне от 0,60 до 0,98. С каждым годом появляется всё больше исследований, направленных на изучения и выявление генов-маркеров, ассоциированных с молочной или мясной продуктивностью.

Однонуклеотидные полиморфизмы являются своего рода указателем лучших животных, поскольку гены-маркеры выполняют важную роль в отрасли скотоводства, позволяя принимать более рациональные решения при отборе особей с желательными генотипами в селекционном процессе.

Тщательное изучение ДНК-генотипирования, а также их воздействия на животных – важная направленность в исследованиях. При этом нужно проводить дальнейшую работу, чтобы узнать как можно больше о функционировании таких важных генов в селекции скотоводства.

Список источников

1. 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.
2. Бейшова И.С. Анализ предпочтительных и альтернативных генотипов коров казахской белоголовой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 1 (69). С. 173–176.
3. Бейшова И.С. Фенотипические эффекты генов соматотропинового каскада, ассоциированных с мясной продуктивностью у коров казахской белоголовой породы // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 48–53.
4. Колпаков В. И. Влияние некоторых полиморфных генов на мясную продуктивность и качество мяса у крупного рогатого скота (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103, № 4. С. 47–64. DOI: 10.33284/2658-3135-103-4-47.
5. Убойные и качественные показатели мяса герефордских быков в зависимости от генотипов гена соматотропина / Л.А. Танана, О.В. Вертинская, К.О. Кизилевич, Е.Я. Лебедько // Вестник ФГОУ ВПО Брянская ГСХА. 2019. №6 (76).
6. Батанов С.Д., Баранова И.А., Старостина О.С. Рост, развитие и мясная продуктивность бычков чёрно-пёстрой породы и её помесей с абердин-ангуссами // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. №2 (58). С. 44–50. DOI: 10.35694/YARCX.2022.58.2.006.
7. Kurzyukova T.A., Udalova T.A., Frolova O. Y. Technological platform of the development of beef cattle breeding in food supply system // Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 421. Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. P. 82004. DOI: 10.1088/1755-1315/421/8/082004.
8. Reaffirmation of known major genes and the identification of novel candidate genes associated with carcass-related metrics based on whole genome sequence within a large multi-breed cattle population / D.C. Purfield, R.D. Evans, D.P. Berry et al. // BMC Genomics. 2019. No. 20(1), P. 1-17. DOI: 10.1186/s12864-019-6071-9.
9. Use of genetic markers of meat productivity in breeding of Hereford breed bulls / M.P. Dubovskova, M.I. Selionova, L.N. Chizhova, E.S. Surzhikova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol.341. Pp.1-5. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012052
10. Полиморфизм генов *PIT-1*, *PRL*, *GH* молочного скота кавказской бурой породы, разводимого в различных природно-экологических зонах Республики Дагестан / А.А. Озде-

- миров, М.И. Селионова, Л.Н. Чижова и др. // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. № 2(55). С. 165–171. EDN JKXKRE.
11. Short communication: The genotype of growth hormone gene that affects the birth weight and average daily gain in crossbred beef cattle / T. Hartatik, A. Fathoni, S. Bintara et al. // Biodiversitas. 2020. Vol. 21. No.3. P. 941-945 DOI: 10.13057/BIODIV/D210312.
 12. ДНК-тестирование полиморфизма гена GH-AluI крупного рогатого скота / Н.Ю. Сафина, Ф.Ф. Зиннатова, Ш.К. Шакиров, И.Ю. Гилемханов // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2019. № 6. С. 80–83. DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.201906012.
 13. Дубовскова М.П., Герасимов Н.П. Генетическая структура и ассоциация полиморфизма генов гормона роста (L127V) и лептина (A80V) с продуктивностью в северо-кавказской популяции герефордской породы // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103, № 3. С. 91–101. DOI: 10.33284/2658-3135-103-3-91.
 14. Ярышкин А.А., Шаталина О.С., Лешонок О.И. Ассоциации полиморфных вариантов гена соматотропина с хозяйственно-ценными показателями коров // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 60–70. DOI: 10.26897/0021-342X-2021-2-60-70.
 15. Генетическая структура крупного рогатого скота голштинской породы в Кабардино-Балкарии по генам PRL и GH / А.Н. Ахметова, Д.В. Халишхова, З.И. Боготова, А.Х. Кучменов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2020. № 4 (96). С. 26–33. DOI 10.35330/1991-6639-2020-4-96-26-33.
 16. Оценка генетического разнообразия алатауской, чёрно-пёстрой и голштинской пород крупного рогатого скота Кыргызстана по генам PRL, GH и PIT-1 / Ж.Т. Исакова, В.Н. Кипень, К.Б. Чекиров, Ю.Г. Быковченко // Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 3. С. 10–14. DOI:10.33943/MMS.2019.3.31545.
 17. Бобрышова, Г. Т. Полиморфизм гена гормона роста и (GH) его взаимосвязь с продуктивными качествами у коров ярославской породы / Г. Т. Бобрышова, Е. С. Суржилова, А. И. Чудновец // Главный зоотехник. 2019. № 12. С. 31–37. EDN KXWQCW
 18. Кононова Л.В., Шарко Г.Н., Михайленко Т.Н. Полиморфизм генетических маркеров CALP1 и GH у быков-производителей мясных пород // Известия Горского государственного аграрного университета. 2018. Т. 55, № 1. С. 49–57.
 19. Селионова М.И., Плахтюкова В.Р. Мясная продуктивность бычков казахской белоголовой породы разных генотипов по генам CAPN1 и GH // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 4. С. 9–12. DOI: 10.33943/MMS.2020.96.35.003.
 20. ДНК-тестирование аллельного полиморфизма генов IGF-1, GDF5, GH, GHR у молодняка мясного скота / З.К. Гаджиев, Е.С. Суржилова, Д.Д. Евлагина, А.И. Суров, С.Н. Шумаенко // Аграрный научный журнал. 2023. № 9. С. 82–87. <http://10.28983/asj.y2023i9pp82-87>.
 21. Анализ полиморфизма генов CAPN1, GH и TG5 у помесного молодняка при скрещивании калмыцкого скота и красных ангусов / Ф.Г. Каюмов, И.М. Дунин М.И. Селионова и др. // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101, № 4. С. 28–34. ISSN 2658-3135.
 22. Ткаченко И. В., Гридина С. Л. Влияние полиморфных вариантов генов каппа-казеина и гормона роста на молочную продуктивность первотелок уральского типа // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018. № 5. С. 87–95. DOI 10.26897/0021-342X-2018-5-87-95.
 23. Шайдуллин Р. Р., Загидуллин Л. Р., Ахметов Т. М., Халилова Г. Х. Оценка молочной продуктивности холмогорских коров с аллельными вариантами генов пролактина и соматотропина // Аграрный научный журнал. 2022. № 3. С. 75–78. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i3pp75-78>.

24. Ялуга В.Л., Прожерин В.П., Хабибрахманова Я.А. [и др.] Полиморфизм генов CSN3, LGB, PRL, GH, LEP у холмогорских коров // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 4. С. 5–8. ISSN 0026-9034.
25. Ярышкин А.А. Влияние полиморфных вариантов гена соматотропина на молочную продуктивность коров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6 (80). С. 279–281. ISSN 2073-0853

References

1. Kaiumov F. G., Tretiakova R. F., Tretiakova N. A. Polymorphism of CAPN1, GH, TG5 and LEP genes in young animals of a new meat type of Aduchi // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2021. No. 5 (91). pp. 206–210. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-91-5-206-210.
2. Beishova I.S. Analysis of preferred and alternative genotypes of Kazakh Whiteheaded cows // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2018. No. 1 (69). pp. 173–176.
3. Beishova I.S. Phenotypic effects of somatotropin cascade genes associated with meat productivity in Kazakh Whiteheaded cows // Bulletin Samara State Agricultural Academy. 2018. No. 1. pp. 48–53.
4. Kolpakov V. I. Influence of some polymorphic genes on meat productivity and meat quality in cattle (review) // Animal Husbandry and Fodder Production. 2020. Vol. 103, No. 4. pp. 47–64. DOI: 10.33284/2658-3135-103-4-47.
5. Slaughter and quality characteristics of Hereford bulls meat depending on the genotypes of the somatotropin gene / L.A. Tanana, O.V. Vertinskaia, K.O. Kizilevich, E.Ya. Lebedko // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2019. No.6 (76).
6. Batanov S.D., Baranova I.A., Starostina O.S. Growth, development and meat productivity of bulls of the Black Pied breed and its crossbreeds with Aberdeen Angus // Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region. 2022. No.2 (58). pp. 44–50. DOI: 10.35694/YARCX.2022.58.2.006.
7. Kurzyukova T.A., Udalova T.A., Frolova O. Y. Technological platform of the development of beef cattle breeding in food supply system // Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 421. Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. P. 82004. DOI: 10.1088/1755-1315/421/8/082004.
8. Reaffirmation of known major genes and the identification of novel candidate genes associated with carcass-related metrics based on whole genome sequence within a large multi-breed cattle population / D.C. Purfield, R.D. Evans, D.P. Berry et al. // BMC Genomics. 2019. No. 20(1), pp. 1–17. DOI: 10.1186/s12864-019-6071-9.
9. Use of genetic markers of meat productivity in breeding of Hereford breed bulls / M.P. Dubovskova, M.I. Selionova, L.N. Chizhova, E.S. Surzhikova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol.341. pp.1–5. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012052.
10. Polymorphism of PIT-1, PRL, GH genes of Brown Caucasian dairy cattle bred in various natural and ecological zones of the Republic of Dagestan / A.A. Ozdemirov, M.I. Selionova, L.N. Chizhova, et al. // South of Russia: ecology, development. 2020. Vol. 15. No. 2(55). pp. 165–171. – EDN JKXKRE.
11. Short communication: The genotype of growth hormone gene that affects the birth weight and average daily gain in crossbred beef cattle / T. Hartatik, A. Fathoni, S. Bintara et al. // Biodiversitas. 2020. Vol. 21. No.3. pp. 941–945 DOI: 10.13057/BIODIV/D210312.
12. DNA testing of GH-AluI gene polymorphism in cattle / N.Yu. Safina, F.F. Zinnatova, Sh.K. Shakirov, I.Yu. Gilemkhanov // Veterinary, animal science and biotechnology. 2019. No. 6. pp. 80–83. DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.201906012.
13. Dubovskova M.P., Gerasimov N.P. Genetic structure and association of growth hormone (L127V) and leptin (A80V) gene polymorphism with productivity in the North Caucasian

- population of the Hereford breed // *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020. Vol. 103, No. 3. pp. 91–101. DOI: 10.33284/2658-3135-103-3-91.
14. Yaryshkin A.A., Shatalina O.S., Leshonok O.I. Associations of polymorphic variants of the somatotropin gene with economically valuable traits of cows // *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2021. No. 2. pp. 60–70. DOI: 10.26897/0021-342X-2021-2-60-70.
 15. Genetic structure of Holstein cattle in Kabardino-Balkaria by PRL and GH genes / A.N. Akhmetova, D.V. Khalishkhova, Z.I. Bogotova, A.Kh. Kuchmenov // *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2020. No. 4 (96). pp. 26–33. DOI 10.35330/1991-6639-2020-4-96-26-33.
 16. Assessment of genetic diversity of Alatau, Black Pied and Holstein cattle breeds of Kyrgyzstan by PRL, GH and PIT-1 genes / Zh.T. Isakova, V.N. Kipen, K.B. Chekirov, Yu.G. Bykovchenko // *Dairy and beef cattle farming*. 2019. No. 3. pp. 10-14. DOI:10.33943/MMS.2019.3.31545.
 17. Bobryshova, G. T. Polymorphism of the growth hormone gene and (GH) its interrelationship with productive qualities in Yaroslavl cows / G. T. Bobryshova, E. S. Surzhikova, A. I. Chudnovets // *Chief zootechnik*. 2019. No. 12. pp. 31–37. EDN KXWQCW
 18. Kononova L.V., Sharko G.N., Mikhailenko T.N. Polymorphism of genetic markers CALP1 and GH in servicing bulls of meat breeds // *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2018. Vol. 55, No. 1. pp. 49–57.
 19. Selionova M.I., Plakhtiukova V.R. Meat productivity of Kazakh Whiteheaded bulls of different genotypes according to CAPN1 and GH genes // *Dairy and beef cattle farming*. 2020. No. 4. pp. 9–12. DOI: 10.33943/MMS.2020.96.35.003.
 20. DNA testing of allelic polymorphism of IGF-1, GDF5, GH, GHR genes in young beef cattle / Z.K. Gadzhiev, E.S. Surzhikova, D.D. Evlagina, A.I. Surov, S.N.. Shumaenko // *Agrarian Scientific Journal*. 2023. No. 9. pp. 82–87. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i9pp82-87>.
 21. Analysis of polymorphism of CAPN1, GH and TG5 genes in crossbred young animals when crossing Kalmyk cattle and Red Angus / F.G. Kaiumov, I.M. Dunin, M.I. Selionova et al. // *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2018. Vol. 101, No. 4. pp. 28–34. ISSN 2658-3135.
 22. Tkachenko I. V., Gridina S. L. The influence of polymorphic variants of kappa-casein and growth hormone genes on the milk productivity of the first-calf cows of the Ural type // *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2018. No. 5. pp. 87–95. DOI 10.26897/0021-342X-2018-5-87-95.
 23. Shaidullin R. R., Zagidullin L. R., Akhmetov T. M., Khalilova G. H. Evaluation of dairy productivity of Kholmogorsky cows with allelic variants of prolactin and somatotropin genes // *Agrarian Scientific Journal*. 2022. No. 3. pp. 75–78. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i3pp75-78>.
 24. Yaluga V. L., Prozherin V. P., Khabibrakhmanova Ya. A. [et al.] Polymorphism of CSN3, LGB, PRL, GH, LEP genes in Kholmogorsky cows // *Dairy and beef cattle farming*. 2018. No. 4. pp. 5–8. ISSN 0026-9034
 25. Yaryshkin A. A. Influence of polymorphic variants of the somatotropin gene on dairy productivity of cows // *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019. No. 6 (80). pp. 279–281. ISSN 2073-0853

Сведения об авторах

Дарья Дмитриевна Евлагина, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий, тел.: 8 (918) 13-19-731, e-mail: d1319731@yandex.ru, ORCID 0000-0001-6101-7293.

Закир Камилович Гаджиев, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории разведения и селекции сельскохозяйственных животных (с сектором скотоводства), тел. 8 (8652) 71-70-33, e-mail: gadzhiev70@yandex.ru, ORCID 0000-0003-1966-7000.

Владимир Аникеевич Погодаев, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории разведения и селекции сельскохозяйственных животных (с сектором скотоводства), тел.: 8 (918) 785-85-25, e-mail: pogodaev_1954@mail.ru, ORCID 0000-0002-9165-1225.

Евгения Семёновна Суржикова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий, тел.: 8 (905) 413-74-35, e-mail: immunogenetika@yandex.ru, ORCID 0000-0002-3955-0902.

Ольга Николаевна Онищенко, младший научный сотрудник лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий ВНИИОК, ассистент базовой кафедры частной зоотехнии, селекции и разведения животных ФГБНУ ВО СтГАУ, тел.: 8 (918) 882-16-91, e-mail: 74helga74@mail.ru, ORCID 0009-0006-0320-5716.

Лидия Валентиновна Кононова, кандидат сельскохозяйственных наук, тел.: +7-918-747-47-37, e-mail: kononova-lidij@mail.ru, ORCID 0000-0003-3812-9099.

Information about the authors

D.D. Evlagina, Candidate of Biological Sciences, Researcher of the Laboratory of Immunogenetics and DNA Technologies, tel.: 8 (918) 13-19-731, e-mail: d1319731@yandex.ru, ORCID 0000-0001-6101-7293

Z.K. Gadzhiev, Doctor of Biological Science, Chief Researcher of the Laboratory of Breeding and Selection of Farm Animals (with cattle breeding sector), tel. 8 (8652) 71-70-33, e-mail: gadzhiev70@yandex.ru, ORCID 0000-0003-1966-7000

V.A. Pogodaev, Doctor of Agricultural Science, Chief Researcher of the Laboratory of Breeding and Selection of Farm Animals (with cattle breeding sector), tel.: 8 (918) 785-85-25, email: pogodaev_1954@mail.ru, ORCID 0000-0002-9165-1225

E.S. Surzhikova, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Immunogenetics and DNA Technologies, tel.: 8 (905) 413-74-35, e-mail: immunogenetika@yandex.ru, ORCID 0000-0002-3955-0902

O.N. Onishchenko, Junior Researcher of the Laboratory of Immunogenetics and DNA Technologies of All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding, Assistant of the Industrial Chair of Small Animal Science, Selection and Breeding of Animals of the FSBEI of HE Stavropol State Agrarian University, tel.: 8 (918) 882-16-91, e-mail: 74helga74@mail.ru, ORCID 0009-0006-0320-5716

L.V. Kononova, Candidate of Agricultural Sciences, tel.: +7-918-747-47-37, e-mail: kononova-lidij@mail.ru, ORCID 0000-0003-3812-9099

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 14.11.2023; одобрена после рецензирования 23.11.2023; принята к публикации 17.12.2023.

The article was submitted 14.11.2023; approved after reviewing 23.11.2023; accepted for publication 17.12.2023.