

Аллельный спектр генов соматотропинового каскада у молодняка крупного рогатого скота мясного направления продуктивности

З. К. ГАДЖИЕВ, Е. С. СУРЖИКОВА, Д. Д. ЕВЛАГИНА, А. И. СУРОВ, С. Н. ШУМАЕНКО

Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, ул. Никонова, 49, Михайловск, Ставропольский край, 356241, Российская Федерация

Резюме. Качество мяса и масса туши – это характеристики, которые формируются под влиянием комплекса генов и условий окружающей среды. Исследования проводили с целью определения частоты встречаемости аллельного спектра генов соматотропинового каскада (*GH*, *GHR*, *GDF5*, *IGF-I*, *LEP*, *TG*), для изучения и выявления породных и популяционных особенностей молодняка крупного рогатого скота мясного направления продуктивности с наиболее ценными селекционно-значимыми генокомплексами. Объект исследования – ремонтный молодняк крупного рогатого скота (КРС) герефордской ($n = 38$), казахской белоголовой ($n = 50$) и калмыцкой ($n = 28$) пород, выращиваемых в хозяйствах Ставропольского края. Генотипирование исследуемого поголовья КРС проводили методом ПЦР-ПДРФ. У исследованного крупного рогатого скота, разводимого на территории Ставрополя, отмечена невысокая доля особо ценных генотипов. В двух выборках (герефордской и калмыцкой пород) генокомплексы, включающие 7...9 маркерных аллелей 4...6-и изучаемых генов отсутствовали, при этом у молодняка казахской белоголовой породы их доля достигала 44,0 %. Основная часть животных (по 58,0 %) в популяциях герефордской и калмыцкой пород были носителями комплекса генотипов исследуемых генов из 2...3-х маркерных аллелей 1...3-х генов ($GH^{LV}/IGF1^{AB}/GDF5^{CT}$; $GHR^{FF}/TG^{TT}/IGF1^{AB}$; $GDF5^{TT}/LEP^{CT}$; $IGF1^{AB}/GDF5^{TT}$; $IGF1^{BB}$ и др.), в то время как в популяции казахской белоголовой породы таких было всего 24,0 %. Выявленные особо ценные генокомплексы ($GH^{LV}/GHR^{FF}/IGF1^{BB}/GDF5^{TT}/TG^{CT}/LEP^{CT}$; $GH^{VV}/GHR^{FF}/IGF1^{BB}/GDF5^{TT}/TG^{TC}$; $GH^{VV}/GHR^{FF}/IGF1^{AB}/GDF5^{CT}/TG^{CT}$; $GH^{VV}/GHR^{FF}/IGF1^{BB}/LEP^{CT}$; $GH^{LV}/GHR^{FF}/IGF1^{BB}/GDF5^{TT}/TG^{TT}$) в популяциях мясного скота могут стать исходным селекционным материалом для построения генетического профиля при подборе родительских пар с целью накопления в племенных стадах крупного рогатого скота носителей селекционно-значимых генотипов.

Ключевые слова: полиморфизм; генотип; порода; соматотропиновый каскад; крупный рогатый скот; герефордская порода; калмыцкая порода; казахская белоголовая порода.

Сведения об авторах: З. К. Гаджиев, доктор биологических наук, главный научный сотрудник; Е. С. Суржикова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: immunogenetika@yandex.ru); Д. Д. Евлагина, кандидат биологических наук, научный сотрудник; А. И. Суров, доктор сельскохозяйственных наук, директор филиала; С. Н. Шумаенко, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник.

Для цитирования: Аллельный спектр генов соматотропинового каскада у молодняка крупного рогатого скота мясного направления продуктивности / З. К. Гаджиев, Е. С. Суржикова, Д. Д. Евлагина и др. // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 5. С. 80–84. doi: 10.53859/02352451_2023_37_5_80.

Allelic spectrum of genes of the somatotropin cascade in young cattle of the meat-type productivity

Z. K. Gadzhiev, E. S. Surzhikova, D. D. Evlagina, A. I. Surov, S. N. Shumachenko

North Caucasus Federal Agrarian Research Centre, ul. Nikonova, 49, Михайловск, Stavropol'skii krai, 356241, Russian Federation

Abstract. Meat quality and slaughter weight are characteristics that are formed under the influence of a complex of genes and environmental conditions. The studies were carried out to determine the frequency of occurrence of the allelic spectrum of the somatotropin cascade genes (*GH*, *GHR*, *GDF5*, *IGF-I*, *LEP*, *TG*), to study and identify the breed and population characteristics of young beef cattle with the most valuable breeding significant gene complexes. The object of the study was replacement young cattle (RYC) of the Hereford ($n = 38$), Kazakh white-headed ($n = 50$) and Kalmyk ($n = 28$) breeds grown in the farms of the Stavropol Territory. Genotyping of the studied RYC livestock was carried out by the PCR-RFLP method. In the studied cattle bred in the Stavropol Territory, a low proportion of especially valuable genotypes was observed. In two samples (Hereford and Kalmyk breeds), gene complexes including 7-9 marker alleles of 4-6 studied genes were absent, while in the young stock of the Kazakh white-headed breed their share reached 44.0%. The main part of the animals (58.0% each) in the populations of the Hereford and Kalmyk breeds were carriers of a complex of genotypes of the studied genes from 2-3 marker alleles of 1-3 genes ($GH^{LV}/IGF1^{AB}/GDF5^{ST}$; $GHR^{FF}/TG^{TT}/IGF1^{AB}$; $GDF5^{TT}/LEP^{CT}$; $IGF1^{AB}/GDF5^{TT}$; $IGF1^{BB}$, etc.), while in the population of the Kazakh white-headed breed there were only 24.0%. Identified especially valuable gene complexes ($GH^{LV}/GHR^{FF}/IGF1^{BB}/GDF5^{TT}/TG^{CT}/LEP^{CT}$; $GH^{VV}/GHR^{FF}/IGF1^{BB}/GDF5^{TT}/TG^{TC}$; $GH^{VV}/GHR^{FF}/IGF1^{AB}/GDF5^{CT}/TG^{CT}$; $GH^{VV}/GHR^{FF}/IGF1^{BB}/LEP^{CT}$; $GH^{LV}/GHR^{FF}/IGF1^{BB}/GDF5^{TT}/TG^{TT}$) in beef cattle populations can become the initial breeding material for constructing a genetic profile when selecting parental pairs to accumulate carriers of breeding significant genotypes in breeding herds of cattle.

Keywords: polymorphism; genotype; breed; somatotropin cascade; cattle; Hereford breed; Kalmyk breed; Kazakh white-headed breed.

Author Details: Z. K. Gadzhiev, D. Sc. (Biol.), chief research fellow; E. S. Surzhikova, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: immunogenetika@yandex.ru); D. D. Evlagina, Cand. Sc. (Biol.), research fellow; A. I. Surov, D. Sc. (Agr.), branch director; S. N. Shumachenko, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow.

For citation: Gadzhiev ZK, Surzhikova ES, Evlagina DD, et al. [Allelic spectrum of genes of the somatotropin cascade in young cattle of the meat-type productivity]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023;37(5):80–4. Russian. doi: 10.53859/02352451_2023_37_5_80.

Качество говядины зависит от таких факторов, как порода животного, условия кормления и содержания, возраст убоя. В последние годы при создании новых и улучшении существующих селекционных пород по заданным продуктивным показателям расширяется использование достиже-

ний инновационных и фундаментальных областей знания, которые могут значительно повысить эффективность селекционного процесса. Среди них можно назвать, например, расшифровку генома и поиск ассоциации генов, связанных с хозяйственно-полезными признаками сельскохозяйственных

животных [1, 2]. Разработка и совершенствование методологии, позволяющей оценивать особенности генофонда отечественных, в том числе локальных пород, идентифицировать гены и выявлять генотипы в соответствии с требованиями к формированию баз данных фенотипической изменчивости сельскохозяйственных животных по селекционно-значимым признакам для ассоциативных исследований, имеет как фундаментальное, так и прикладное значение [3].

Актуальность изучения ассоциаций между мясной продуктивностью животных и разными аллельными вариантами генов-кандидатов неоднократно подтверждали результаты многочисленных исследований [2, 3]. Идентификация аллелей таких генов даёт возможность дополнения традиционной селекции прямым отбором на уровне ДНК, который может повысить генетический потенциал животных, что будет способствовать успешному развитию отрасли мясного скотоводства [4, 5].

Огромный интерес для исследований представляет спектр полиморфных вариантов генов соматотропного каскада, которые выступают в качестве потенциальных генетических маркеров, ассоциированных с мясной продуктивностью крупного рогатого скота (КРС), поскольку конечные белковые продукты – важное звено гуморальной цепи. В соматотропный каскад входят несколько генов. Ген инсулиноподобного фактора роста-1 (*IGF-1*) запускает механизм внутриклеточных ответов на воздействие соматотропина (*GH* – гормон роста). Передачу гуморального сигнала соматотропина к клеткам/мишеням осуществляет белок гена рецептора гормона роста (*GHR*). Кодированный геном дифференцирующего фактора роста (*GDF5*) белок тесно связан с семейством костных морфогенетических белков [6, 7], и, как следствие, он ассоциируется с типом телосложения и формированием скелетной структуры животных. Ген тиреоглобулина (*TG5*) оказывает влияние на липидный обмен, доказано его участие в образовании жировых клеток и формировании так называемой «мраморности» мышечной ткани. Ген лептина (*LEP*) играет важную роль в метаболизме (накоплении жира) организма, оказывает влияние на рост и конституцию животных [8, 9, 10].

Отечественные и зарубежные учёные продолжают активный поиск потенциальных генов-кандидатов, отвечающих за синтез гормонов соматотропного каскада. При этом установлено, что частота встречаемости генов соматотропного каскада различна не только у представителей разных пород, но и в пределах одной породы [7, 8].

В связи с изложенным, цель исследования – определение частоты встречаемости аллельного спектра генов *GH*, *GHR*, *IGF-1*, *GDF5*, *TG5*, *LEP* для изучения породных и популяционных особенностей молодняка крупного рогатого скота мясного направления продуктивности и выявления наиболее ценных селекционно-значимых генокомплексов с последующим закреплением их в популяциях.

Условия, материалы и методы. Объект исследования – ремонтный молодняк КРС герефордской ($n = 38$), казахской белоголовой ($n = 50$) и калмыцкой ($n = 28$) пород, выращиваемых в хозяйствах ОАО «Белокопанское», СПК им. Апанасенко, СПК «Дружба» Апанасенковского района Ставропольского края.

ДНК-генотипирование изучаемого поголовья КРС проводили методом ПЦР-ПДРФ (полиморфизм длин рестрикционных фрагментов) по генам гормона роста (*GH*), рецептора гормона роста (*GHR*), инсулиноподобного фактора роста (*IGF-1*), дифференциального фактора роста (*GDF5*), тиреоглобулина (*TG*), лептина (*LEP*). ПЦР (полимеразно-цепная реакция) осуществляли на программируемом 4-х канальном термодиспетчере «Терцик» (ООО «ДНК-технология», Россия) с использованием специфических нуклеотидных последовательностей в 20 мкл реакционной смеси (табл. 1) [4].

Таблица 1. Условия проведения ПЦР для исследуемых полиморфных генов

Ген	Праймер	Т °С, отжига	Длина амплифицированного фрагмента, п.н.
<i>GH</i>	F: 5' – gctgctcctgagccttcg – 3' R: 5' – gcggcggcactctcatgaccct – 3'	65	223
<i>GHR</i>	F: 5' – aatacttgggctagcagtgacaatat – 3' R: 5' – acgtttcactgggttgatga – 3'	60	182
<i>IGF-1</i>	F: 5' – acctaccgtatgaaaggaact – 3' R: 5' – tgtccgatgctgacagaaagg – 3'	64	249
<i>GDF5</i>	F: 5' – tgtccgatgctgacagaaagg – 3' R: 5' – gagtgagggttaatcccagatacca – 3'	60	235
<i>TG5</i>	F: 5' – ggggatgactacgagatgactg – 3' R: 5' – gtgaaaatcttggaggctgta – 3'	62	548
<i>LEP</i>	F: 5' – tggagtggtctgtttttcttct – 3' R: 5' – gtccccgcttctggctacctaact – 3'	62	424

Число и длину рестрикционных фрагментов определяли методом горизонтального гелевого электрофореза в агарозном геле разной концентрации (от 1,5 до 4,0 %) при УФ свете (табл. 2). В качестве маркера молекулярных масс использовали стандартный набор «GenePakDNAMarkers» M50.

Обработку полученного цифрового материала исследований проводили методами вариационной статистики с использованием пакета программ «Microsoft Office» [4].

Частоту встречаемости генотипов определяли согласно формуле:

Таблица 2. Характеристика фрагментов аллельных вариантов гена

Ген	Эндонуклеаза*	Генотип	Длина фрагментов рестрикции (п.н.)
<i>GH</i>	<i>Alu I</i>	VV	223
		LV	223, 171, 52
		LL	171, 52
<i>GHR</i>	<i>SspI</i>	FF	158, 24
		FY	182, 158, 24
		YY	182
<i>IGF-1</i>	<i>BstSNI</i>	AA	223, 26
		AB	249, 223, 26
		BB	249
<i>GDF5</i>	<i>Psp6I</i>	TT	235
		CT	235, 181, 54
		CC	181, 54
<i>TG5</i>	<i>BstX2 I</i>	TT	473, 75
		TC	473, 295, 178, 75
		CC	295, 178, 75
<i>LEP</i>	<i>BstMB I</i>	TT	303, 88, 32
		CT	390, 303, 88, 32
		CC	390, 32

*производитель ООО «СибЭнзайм», г. Новосибирск.

$$p(AA; AB; BB) = \frac{n}{N}, \quad (1)$$

где p – частота исследуемого генотипа (AA, AB, BB); n – число особей (имеющих определённый генотип); N – общее число особей.

Частоту встречаемости аллелей рассчитывали по формуле:

$$P(A \text{ или } B) = \frac{2N_1 + N_2}{2n}, \quad (2)$$

где P – частота встречаемости аллелей (A и B – аллель); N_1 – число гомозигот (по исследуемому аллелю); N_2 – число гетерозигот (по исследуемому аллелю); n – объём исследуемой выборки особей.

Для определения генного равновесия в исследуемой выборке животных рассчитывали соответствие фактического распределения фенотипов теоретически ожидаемому по закону Харди-Вайнберга.

Для каждого аллеля определяли критерий соответствия Пирсона (χ^2) путём сравнения величины его фактической частоты с возможной в случае абсолютно равномерного распределения аллелей для данной выборки:

$$\chi^2 = \frac{(\Phi - T)^2}{T} + \frac{(\Phi - T)^2}{T} + \frac{(\Phi - T)^2}{T}, \quad (3)$$

где Φ – фактическое число генотипов; T – теоретическое число генотипов.

При степени свободы равной единице и уровне значимости 95,0 % критическим считали значение $\chi^2 = 3,84$.

Результаты и обсуждение. Сравнительный анализ специфичности полиморфизма аллельного спектра генов, входящих в соматотропиновый каскад (GH , GHR , $IGF-1$, $GDF5$, $TG5$, LEP), свидетельствует о различном распределении селекционно-значимых аллелей и генотипов по частоте встречаемости в исследуемых выборках ремонтного молодняка мясного скота. Так, среди молодняк калмыцкой и герефордской пород выявлено сравнительно одинаковое распределение (0,27 и 0,28) аллеля GH^V в гене соматотропина (рис. 1), а в выборке молодняк казахской белоголовой породы эта аллель присутствовала чаще (0,34).

Аналогичная закономерность отмечена, например, для распределения гомозиготного GH^{VV} генотипа: среди молодняк калмыцкой и казахской белоголовой пород – по 14,0 %, у герефордской породы – 18,0 %. Частота встречаемости гетерозиготного GH^{LV} генотипа в по-

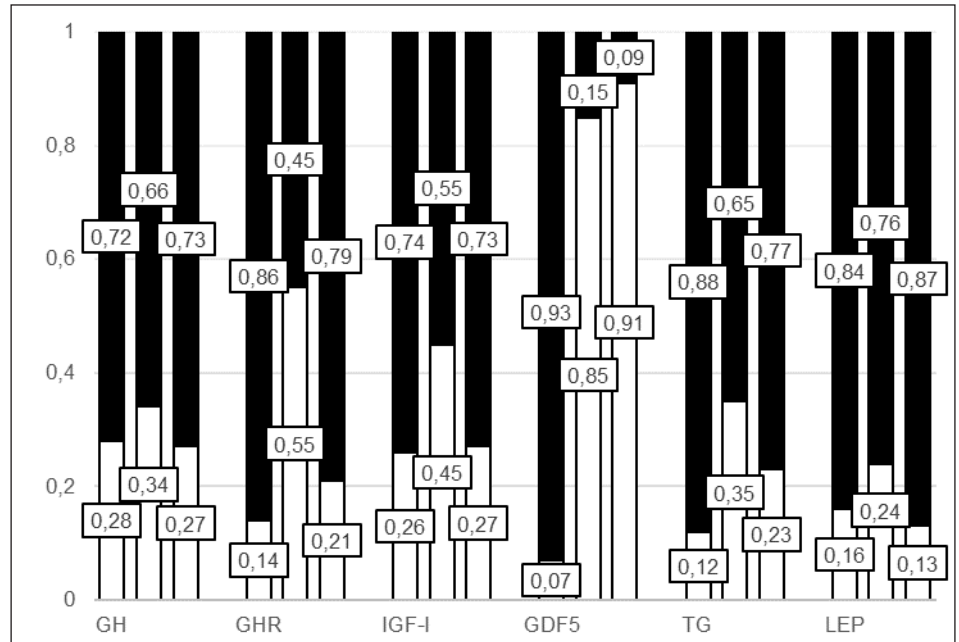


Рис. 1. Частота встречаемости аллелей: 1 – герефордская (n=38); 2 – казахская белоголовая (n=50); 3 – калмыцкая порода (n=28); □ – V/ F/ A/ T/ T/ T; ■ – L/ Y/ B/ C/ C/ C.

пуляциях исследуемых мясных пород варьировала от 46,0 до 64,0 % (рис. 2).

Доля селекционно-значимого аллеля и гомозиготного генотипа гена рецептора гормона роста (GHR) в выборке ремонтного молодняк герефордской и калмыцкой пород для аллеля GHR^F составила соответственно 0,14 и 0,21, генотипа GHR^{FF} – 6,0 и 11,0 %. Тогда как у сверстников казахской белоголовой породы частота встречаемости GHR^F аллеля была равна 0,55, генотипа GHR^{FF} – 36,0 %. Частота встречаемости животных-носителей гетерозиготного генотипа GHR^{FV} в трёх исследуемых выборках варьировала от 18,0 до 38,0 %.

У животных герефордской и калмыцкой пород частоты встречаемости аллеля $IGF-1^B$ (0,74...0,73) и генотипа $IGF-1^{BB}$ (58,0...57,0 %) инсулиноподобного фактора роста ($IGF-1$) были более чем в 1,5 раза ниже величин аналогичных показателей у казахской белоголовой породы (0,55 и 32,0 %). Число животных-носителей

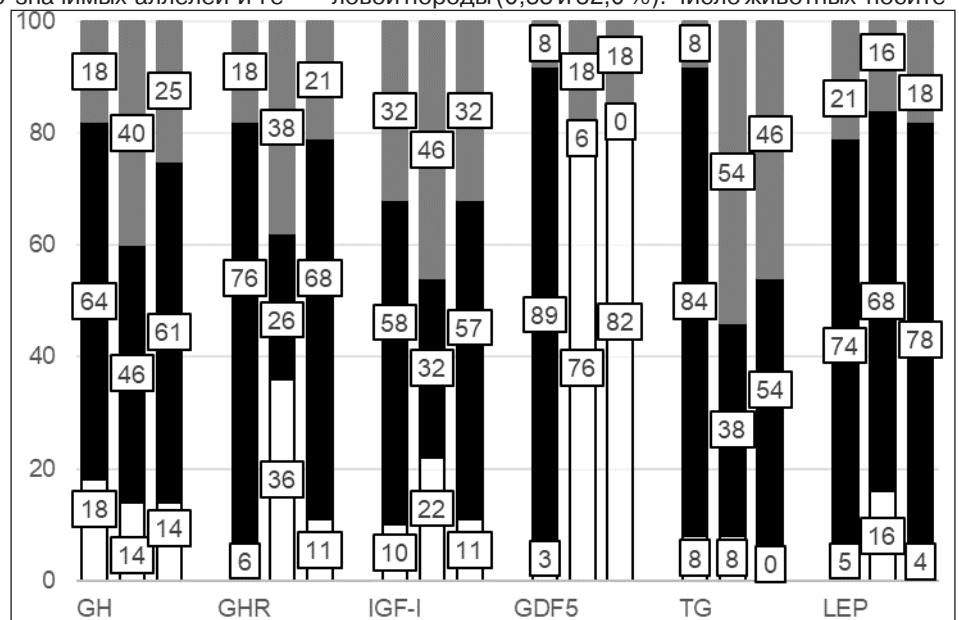


Рис. 2. Частота встречаемости генотипов, %: 1 – герефордская (n=38); 2 – казахская белоголовая (n=50); 3 – калмыцкая порода (n=28); □ – VV/ FF/ AA/ TT/ TT/ TT; ■ – LL/ YY/ BB/ CC/ CC/ CC; ▨ – LV/ YF/ AB/ CT/ TC/ CT.

Таблица 3. Породные особенности генетической структуры молодняка мясных пород

Показатель	Порода		
	герефордская	казахская белоголовая	калмыцкая
<i>GH</i> гомозиготы (n)	31	30	21
гетерозиготы (n)	7	20	7
χ^2	18,5	0,59	3,65
<i>GHR</i> гомозиготы (n)	31	31	22
гетерозиготы (n)	7	19	6
χ^2	2,65	2,70	3,82
<i>IGF-1</i> гомозиготы (n)	26	27	19
гетерозиготы (n)	12	23	9
χ^2	1,34	0,25	0,90
<i>GDF5</i> гомозиготы (n)	37	41	23
гетерозиготы (n)	1	9	5
χ^2	45,7	4,33	0,27
<i>TG</i> гомозиготы (n)	35	23	15
гетерозиготы (n)	3	27	13
χ^2	14,4	1,74	2,59
<i>LEP</i> гомозиготы (n)	30	42	23
гетерозиготы (n)	8	8	5
χ^2	1,62	15,75	0,94

Самая высокая частота аллеля *LEP^T* гена лептина (*LEP*) отмечена у молодняка казахской белоголовой породы (0,24) в выборке бычков герефордской породы она была меньше на 0,08, калмыцкой – на 0,11. Частота встречаемости желательных генотипов исследуемого гена в популяциях изученного мясного скота составила соответственно 16,0, 5,0 и 4,0 %.

Величина критерия χ^2 по генам *GH*, *GDF5* и *TG* в исследуемой выборке животных герефордской породы была равна 18,5; 45,7 и 14,4 соответственно, это свидетельствует о несоответствии

лей гетерозиготного генотипа *IGF-1^{AB}* в выборках герефордской и калмыцкой пород так же было одинаковым.

Наибольшую частоту встречаемости аллеля *GDF5^T* гена дифференциального фактора роста (*GDF5*) наблюдали в выборках молодняка казахской белоголовой и калмыцкой пород (0,85 и 0,91 соответственно), самой низкой она была у герефордской породы (0,07). Частота встречаемости желательного *GDF5^{TT}* генотипа среди молодняка казахской белоголовой породы составила 76,0 %, калмыцкой – 82,0 %, в выборке герефордской породы их было всего 3,0 %. Отмечена наибольшая (89,0 %) частота встречаемости животных-носителей гомозиготного генотипа *GDF5^{CC}* в выборке герефордской породы, что было в 14,8 раза выше, чем среди молодняка казахской белоголовой породы (6,0 %). В выборке калмыцкой породы животные с таким генотипом отсутствовали.

У молодняка казахской белоголовой породы отмечена достаточно высокая частота встречаемости желательного для селекции аллеля *TG^T* гена тиреоглобулина (*TG*) – 0,35, против 0,23 у калмыцкой и 0,12 у герефордской, что нашло отражение в частоте встречаемости желательных гомозиготного *TG^{TT}* (8,0; 8,0; 0 соответственно) и гетерозиготного *TG^{TC}* (8,0; 54,0; 46,0 %) генотипов.

Таблица 4. Распределение желательных генокомплексов в популяции молодняка мясных пород

Желательные генокомплексы	Число аллелей/генов	Частота встречаемости генотипа, %		
		казахская белоголовая (n = 50)	герефордская (n = 38)	калмыцкая (n = 28)
<i>GH^{LV}/GHR^{FF}/IGF1^{BB}/GDF5^{TT}/TG^{CT}/LEP^{CT}</i> ; <i>GH^{VV}/GHR^{FF}/IGF1^{BB}/GDF5^{TT}/TG^{TC}</i> ; <i>GH^{LV}/GHR^{FF}/IGF1^{BB}/GDF5^{TT}/TG^{TT}</i> ; <i>GH^{LV}/GHR^{FF}/IGF1^{AB}/GDF5^{TT}/TG^{TT}</i> ; <i>GH^{LV}/GHR^{FF}/IGF1^{BB}/GDF5^{CT}/TG^{TT}</i> ; <i>GH^{LV}/GHR^{FF}/IGF1^{AB}/GDF5^{TT}/LEP^{TT}</i> ; <i>GH^{LV}/GHR^{FF}/IGF1^{BB}/GDF5^{TT}/TG^{TC}</i> ; <i>GHR^{FF}/IGF1^{BB}/GDF5^{TT}/TG^{CT}/LEP^{CT}</i>	9/6 – 8/5	22,0	–	–
<i>GH^{VV}/GHR^{FF}/IGF1^{AB}/GDF5^{CT}/TG^{CT}</i> ; <i>GH^{LV}/GHR^{FY}/IGF1^{BB}/GDF5^{TT}/TG^{TC}</i> ; <i>GH^{LV}/GHR^{FF}/IGF1^{AB}/GDF5^{TT}/TG^{TC}</i> ; <i>GH^{LV}/GHR^{FF}/IGF1^{BB}/GDF5^{CT}/TG^{TC}</i> ; <i>GHR^{FF}/IGF1^{AB}/GDF5^{TT}/TG^{TC}/LEP^{CT}</i> ; <i>GH^{VV}/GHR^{FF}/IGF1^{BB}/LEP^{CT}</i>	7/5 – 7/4	20,0	–	–
<i>GHR^{FY}/IGF1^{BB}/GDF5^{CT}/TG^{TC}/LEP^{CT}</i> ; <i>GH^{LV}/GHR^{FF}/IGF1^{AB}/GDF5^{CT}/TG^{TC}</i> ; <i>GH^{LV}/GHR^{FY}/IGF1^{AB}/GDF5^{TT}/TG^{TC}</i> ; <i>GH^{LV}/GHR^{FY}/IGF1^{BB}/GDF5^{TT}</i> ; <i>GHR^{FY}/IGF1^{BB}/GDF5^{TT}/TG^{CT}</i> ; <i>GHR^{FY}/IGF1^{BB}/GDF5^{TT}/TG^{TC}</i> ; <i>GH^{LV}/GHR^{FY}/IGF1^{AB}/GDF5^{TT}</i> ; <i>GHR^{FY}/IGF1^{AB}/GDF5^{TT}/LEP^{CT}</i> ; <i>IGF1^{AB}/GDF5^{TT}/LEP^{TT}</i> ; <i>GHR^{FY}/IGF1^{AB}/GDF5^{CT}/TG^{TC}</i> ; <i>GHR^{FY}/GDF5^{TT}/TG^{TC}</i> ; <i>GHR^{FY}/IGF1^{AB}/GDF5^{TT}/TG^{TC}</i> ;	6/5 – 6/4	18,0	8,0	14,0
<i>GH^{LV}/GHR^{FY}/IGF1^{BB}</i>	5/4 – 4/3	16,0	34,0	28,0
<i>GHR^{FY}/IGF1^{AB}/LEP^{CT}</i> ; <i>IGF1^{AB}/GDF5^{TT}</i> ; <i>GDF5^{TT}/LEP^{CT}</i> ; <i>GDF5^{TT}/TG^{TC}</i>	3/3 – 3/2	12,0	16,0	21,0
<i>GDF5^{TT}</i> ; <i>TG^{TT}</i> ; <i>IGF1^{BB}</i>	2/1	12,0	42,0	37,0

В выборке ремонтного молодняка герефордской и калмыцкой пород было установлено отсутствие комплекса генотипов из 7...9 желательных аллелей 4...6 генов. На долю комплексов желательных генотипов из 6 и 5 маркерных аллелей 4-х генов у молодняка герефордской породы приходилось соответственно 8,0 и 34,0 %, калмыцкой – 14,0 и 28,0 %. Основная часть популяций герефордской и калмыцкой пород (по 58,0 %) была носителями комплекса генотипов из 2...3-х маркерных аллелей 1...3-х генов.

Выводы. Результаты проведенного генотипирования показали невысокую долю особо ценных генотипов по спектру генов соматотропного каскада в выборках молодняка крупного рогатого скота, разводимого в Ставропольском крае. Выявленные в популяциях мясного скота животные с особо ценными генокомплексами

($GH^{LV}/GHR^{FF}/IGF1^{BB}/GDF5^{TT}/TG^{CT}/LEP^{CT}$; $GH^{VV}/GHR^{FF}/IGF1^{BB}/GDF5^{TT}/TG^{TC}$; $GH^{VV}/GHR^{FF}/IGF1^{AB}/GDF5^{CT}/TG^{CT}$; $GH^{VV}/GHR^{FF}/IGF1^{BB}/LEP^{CT}$; $GH^{LV}/GHR^{FF}/IGF1^{BB}/GDF5^{TT}/TG^{TT}$ и др.) могут служить исходным селекционным материалом для накопления в племенных стадах крупного рогатого скота носителей селекционно-значимых генотипов.

Кроме того, исследования показали, что имеются нарушения генетического равновесия в популяции казахской белоголовой породы по генам дифференцирующего фактора роста ($GDF5$) и лептина (LEP), герефордской – соматотропина (GH – гормон роста), тиреоглобулина ($TG5$), дифференцирующего фактора роста ($GDF5$), которые должны быть приняты во внимание в селекционном процессе.

Литература.

1. Юдин Н. С., Ларкин Д. М. Происхождение, селекция и адаптация российских пород крупного рогатого скота по данным полногеномных исследований // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 5. С. 559–568. doi: 10.18699/VJ19.525.
2. Полиморфизм генов соматотропин-релизинг-гормона и инсулиноподобного фактора роста у быков-производителей Республики Татарстан / Р. Р. Вафин, С. В. Тюлькин, Л. Р. Загидуллин и др. // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 4. С. 75–78.
3. Дубовскова М. П. Показатели племенной ценности родителей с учетом полиморфизма генов GHR , $IGF-I$ и $GDF5$ у скота герефордской породы // Пермский аграрный вестник. 2022. № 4 (40). С. 82–88. doi: 10.47737/2307-2873_2022_40_82.
4. Изучение и проведение ДНК-тестирования сельскохозяйственных животных по генам, определяющим продуктивные качества: методические рекомендации / З. К. Гаджиев, Е. С. Суржикова, Т. Н. Михайленко и др. Ставрополь: Ставрополь-сервис-школа, 2022. 78 с.
5. Полиморфизм генов $PIT-1$, PRL , GH молочного скота кавказской бурой породы, разводимого в различных природно-экологических зонах Республики Дагестан / А. А. Оздемиров, М. И. Селионова, Л. Н. Чижова и др. // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. № 2 (55). С. 165–171.
6. Ярышкин А. А., Шаталова О. С., Лешонков 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.
7. Герасимов Н. П. Генетическая структура казахского белоголового скота по комбинации полиморфизмов GH (g. 2141C>G) и GHR (g. 914T>A) // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 97. С. 155–160. doi: 10.21515/1999-1703-97-155-160.
8. Генетическая структура казахской белоголовой породы крупного рогатого скота по генам молочных белков и гормонов и их связь с энергией роста молодняка / Г. М. Гончаренко, Н. Б. Гришина, Т. С. Хорошилова и др. // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 5. С. 61–64. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10512.
9. Features of Holstein cattle bred in Kazakhstan by the polymorphic genes of the somatotropin cascade / I. S. Beishova, V. A. Ulyanov, G. Shaikamal, et al. // Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2019. Vol. 7. Special Issue 1. P. 60–65. doi: 10.17582/journal.aavs/2019/7.s1.60.65.
10. The influence of growth hormone gene polymorphism on growth rate of young cattle / T. A. Sedykh, I. Y. Dolmatova, F. R. Valitov, et al. // Iranian Journal of Applied Animal Science. 2020. Vol. 10. No. 3. P. 445–451.

References

1. Yudin NS, Larkin DM. [Origin, breeding and adaptation of Russian breeds of cattle according to full-genome studies]. Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2019;23(5):559-68. Russian. doi: 10.18699/VJ19.525.
2. Vafin RR, Tyul'kin SV, Zagidullin LR, et al. [Polymorphism of somatotropin-releasing hormone and insulin-like growth factor genes in bull producers of the Republic of Tatarstan]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2017;31(4):75-8. Russian.
3. Dubovskova MP. [Indicators of the breeding value of the parents taking into account the polymorphism of the GHR , $IGF-I$ and $GDF5$ genes in Hereford cattle]. Permskii agrarnyi vestnik. 2022;(4):82-8. Russian. doi: 10.47737/2307-2873_2022_40_82.
4. Gadzhiev ZK, Surzhikova ES, Mikhailenko TN, et al. Izuchenie i provedenie DNK-testirovaniya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh po genam, opredelyayushchim produktivnye kachestva: metodicheskie rekomendatsii [Studying and carrying out DNA testing of agricultural animals for genes that determine productive qualities: Methodological recommendations]. Stavropol' (Russia): Stavropol'-servis-shkola; 2022. 78 p. Russian.
5. Ozdemirov AA, Selionova MI, Chizhova LN, et al. [Polymorphism of $PIT-1$, PRL , GH genes of dairy cattle of the Caucasian brown breed bred in various natural and ecological zones of the Republic of Dagestan]. Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2020;15(2):165-71. Russian.
6. Yaryshkin AA, Shatalina OS, Leshonok OI. [Associations of polymorphic variants of the somatotropin gene with economic and valuable indicators of cows]. Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2021;(2):60-70. Russian. doi: 10.26897/0021-342X-2021-2-60-70.
7. Gerasimov NP. [Genetic structure of Kazakh white-headed cattle based on the combination of GH (g. 2141C>G) and GHR (g. 914T>A) polymorphisms]. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022;(97):155-60. Russian. doi: 10.21515/1999-1703-97-155-160.
8. Goncharenko GM, Grishina NB, Khoroshilova TS, et al. [Genetic structure of the Kazakh white-headed cattle breed according to the genes of milk proteins and hormones and their relationship with the energy of young growth]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020;34(5):61-4. Russian. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10512.
9. Beishova IS, Ulyanov VA, Shaikamal G, et al. Features of Holstein cattle bred in Kazakhstan by the polymorphic genes of the somatotropin cascade. Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2019;7(Sp. Issue 1):60-5. doi: 10.17582/journal.aavs/2019/7.s1.60.65.
10. Sedykh TA, Dolmatova IY, Valitov FR, et al. The influence of growth hormone gene polymorphism on growth rate of young cattle. Iranian Journal of Applied Animal Science. 2020;10(3):445-51.