

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

doi:10.18286/1816-4501-2025-3-173-181

УДК: 636.082.12:636.32/.38.035

Взаимосвязь полиморфизма генов CAST, GH и KAP1.3 с шерстной продуктивностью овец

Е. С. Суржикова[✉], кандидат сельскохозяйственных наук

Г. В. Завгородняя, кандидат сельскохозяйственных наук

Д. Д. Евлагина, кандидат биологических наук

Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр

356241, Михайловск, ул. Никонова, 49

[✉]immunogenetika@yandex.ru

Резюме. Основной задачей шерстного овцеводства, а также немаловажным параметром при оценке мясо-шерстных и шерстно-мясных пород овец является получение шерсти высокого качества. В свою очередь качество овечьей шерсти характеризуется множеством показателей: тонина, длина, прочность и другие. Цель исследования – изучить полиморфизм генов кальпастатина (CAST), гормона роста (GH), кератин-ассоциирующего белка (KAP1.3) у овец и определить наследуемость качественных признаков шерсти. Генотипирование по генам CAST, GH и KAP1.3 проводили на овцах породы черноземельский меринос, разводимых в Республики Калмыкия АО «Племзавод «Черноземельский» Черноземельского района. Выборка была представлена овцематками (n = 30), ремонтным молодняком (♂ (n = 13) и ♀ (n = 17)) и баранами-производителями (n = 2). Исследования выполнялись методом ПЦР-ПДРФ. По отобранным образцам шерсти проводили изучение количественных и качественных показателей основных свойств шерсти (процент выхода чистой шерсти, тонина, длина). При проведении полимеразной цепной реакции и изучении полиморфизма длин рестрикционных фрагментов генов CAST, GH и KAP1.3 были выявлены в каждом гене по две аллели: CAST^N и CAST^M, GH^B и GH^A, KAP1.3^Y и KAP1.3^X; и три генотипа каждого гена (варианты гомозиготных генотипов CAST^{NN}, CAST^{MM} гена CAST; GH^{BB}, GH^{AA} гена GH; KAP1.3^{YY} и KAP1.3^{XX} гена KAP1.3, и гетерозиготных генотипов CAST^{MN}, GH^{AB} и KAP1.3^{XY}). Установлено, что у молодняка овец присутствует связь между генотипом животных и основными показателями свойств шерсти. Баранчики-носители комплексных генотипов CAST^{MM}GH^{BB}KAP1.3^{XX} и CAST^{MN}GH^{AB}KAP1.3^{XX} и ярокки-носители генотипа CAST^{MM}GH^{AB}KAP1.3^{XX} имели тонину шерсти в пределах 80 качества в сравнении с особями других вариантов генотипов. Следовательно, глубокое понимание генетических основ продуктивности чернозёмного мериноса будет являться ключевым фактором для дальнейшего развития этой ценной породы овец.

Ключевые слова: ген, полиморфизм, овцы, родительские пары, черноземельский меринос, шерсть.

Для цитирования: Суржикова Е. С., Завгородняя Г. В., Евлагина Д. Д. Взаимосвязь полиморфизма генов CAST, GH и KAP1.3 с шерстной продуктивностью овец // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. №3 (71). С. 173-181. doi:10.18286/1816-4501-2025-3-173-181

The relationship between CAST, GH, and KAP1.3 gene polymorphism and wool productivity of sheep

E. S. Surzhikova, G. V. Zavgorodnyaya, D. D. Evlagina

North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, 49 Nikonov St., Mikhaylovsk, 356241, Russian Federation, tel.: +7 (905) 413-74-35, e-mail: immunogenetika@yandex.ru

Abstract. The primary objective of wool sheep breeding, as well as an important parameter in evaluating meat-wool and wool-meat sheep breeds, is to produce high-quality wool. Wool quality, in turn, is characterized by a variety of parameters, including fineness, length, strength, and others. The objective of this study was to investigate the polymorphism of the calpastatin (CAST), growth hormone (GH), and keratin-associating protein (KAP1.3) genes in sheep and to determine the heritability of wool quality traits. Genotyping for the CAST, GH, and KAP1.3 genes was performed on Black soillesky Merino sheep bred at the Black soillesky Breeding Farm in the Black soillesky District of the Republic of Kalmykia. The sample included ewes (n = 30), replacement young animals (♂ (n = 13) and ♀ (n = 17)) and stud rams (n = 2). The study was carried out using the PCR-RFLP method. Using the selected wool samples, we studied the quantitative and qualitative indicators of the main wool properties (percentage of pure wool yield, fineness, length). When conducting a polymerase chain reaction and studying the length polymorphism of restriction fragments of the CAST, GH and KAP1.3 genes,

two alleles were identified in each gene: CASTN and CASTM, GHb and GHa, KAP1.3Y and KAP1.3X; and three genotypes of each gene (variants of homozygous genotypes CASTNN, CASTMM of the CAST gene; GHBB, GHAA of the GH gene; KAP1.3YY and KAP1.3XX of the KAP1.3 gene, and heterozygous genotypes CASTMN, GHAB and KAP1.3XY). It was established that in young sheep there is a relationship between the genotype of animals and the main indicators of wool properties. Rams carrying the complex genotypes CASTMMGHBBKAP1.3XX and CASTMNGHABKAP1.3XX and ewes carrying the CASTMMGHABKAP1.3XX genotype had wool fineness in the 80s, compared to individuals with other genotype variants. Therefore, a thorough understanding of the genetic basis of Black Soil Merino productivity will be key to the further development of this valuable sheep breed.

Keywords: gene, polymorphism, sheep, parental pairs, Black soilelsky Merino, wool

For citation: Surzhikova E. S., Zavgorodnyaya G. V., Evlagina D. D. The relationship between CAST, GH, and KAP1.3 gene polymorphism and wool productivity of sheep // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2025;3(71): 173-181 doi:10.18286/1816-4501-2025-3-173-181

Введение

Повышение точности отбора сельскохозяйственных животных и возможность создания желаемых генотипов увеличивают эффективность селекции и сокращают время, необходимое для достижения значимых результатов [1, 2, 3]. Методы ранней оценки продуктивности сельскохозяйственных животных выполняют главную роль в оптимизации производственных процессов как на крупных специализированных предприятиях, так и на небольших фермах [4, 5, 6]. Эти методы помогают селекционерам своевременно выявлять особей с хозяйственно-полезными, устойчивыми генетическими признаками, способствующими оптимизации производственных процессов и повышению общей эффективности стада [7, 8, 9].

В настоящее время выявлено большое количество генов, ассоциированных с параметрами продуктивности, определена их локализация в хромосомах и последовательность пар нуклеотидов в их молекулярной структуре, установлены причины возникновения полиморфизма генов в результате точечных мутаций в соответствующих локусах молекул ДНК. Используя ДНК-тестирование, селекционеры и учёные могут детально анализировать полиморфные варианты генов, что позволит составить более точные программы селекции овец. Особое внимание уделяется генам, которые оказывают влияние на продуктивность животного [10, 11, 12]. Понимание генетических механизмов, ответственных за эти процессы, дает возможность селекционерам воспроизводить животных с высокими показателями мясной и шерстной продуктивности и улучшенными качественными характеристиками [13, 14].

Цель исследования - изучить полиморфизм генов *CAST*, *GH* и *KAP1.3* у овец и определить наследуемость качественных признаков шерсти для выявления наиболее ценных селекционно-значимых генотипов с последующим закреплением их в популяциях.

Материалы и методы

Генотипирование по генам кальпастина (*CAST*), гормона роста (*GH*), кератин-ассоциирующего белка (*KAP1.3*) проводили на разных половозрастных группах овец породы черноземельский меринос АО «Племзавод «Черноземельский» Черноземельского района Республики Калмыкия. Выборка

была представлена овцематками ($n = 30$), ремонтным молодняком ♂ ($n = 13$) и ♀ ($n = 17$), баранами-производителями ($n = 2$). Достоверность происхождения потомства (F1) (♂ ($n = 13$) и ♀ ($n = 17$)) была подтверждена иммуногенетической экспертизой (по кровегрупповым факторам), что позволило определить опытные группы для дальнейших исследований их количественно-качественных характеристик продуктивности и обеспечило достоверность результатов при оценке влияния родителей на эти показатели.

Генетические исследования проводились в лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий отдела генетики и биотехнологии ВНИИОК – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». Материал для проведения генетических исследований - образцы крови овец, доставленные в пробирках с консервантом ЭДТА. С помощью коммерческого набора реагентов «*DIAtomtmDNAPrep*» (ИЗОГЕН, Россия) была выделена геномная ДНК.

Методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) проводили амплификацию по генам *CAST*, *GH*, *KAP1.3* с использованием коммерческого набора «*GenePakPCRCore*», (ИЗОГЕН, Россия) и специфических олигонуклеотидов (праймеров), синтезированных в научно-производственной лаборатории «Синтол» (Москва) на программируемом термоциклере «Терцик» фирмы «ДНК-ТЕХНОЛОГИЯ» (Россия). Для исследуемых генов применяли следующие праймеры с определенной последовательностью олигонуклеотидов:

ген *CAST* - F: 5'-TGG_GGC_CCA_ATG_ACG_CCA_TCG_ATG-3'; R: 5'-GGT_GGA_GCA_GCA_CTT_CTG_ATC_ACC-3', отжиг при 62 °C;

ген *GH* - F: 5'-GGA_GGC_AGG_AAG_GGA_TGA_A-3'; R: 5'-CCA_AGG_GAG_GGA_GAG_ACA_GA-3', отжиг при 60 °C;

ген *KAP1.3* - F: 5'-GGG_TGG_AAC_CAG_ACC_AAA_CTC - 3'; R: 5'-TAG_TTT_GTT_GGG_ACT_GTA_CAC_TGG - 3', отжиг при 65 °C [6].

Методом горизонтального электрофореза определяли длину и число рестрикционных фрагментов в агарозном геле разной от 1,8 до 3,8 % концентрации, с присутствием 10,0 % бромистого этидия (10,0 мкл) при ультрафиолетовом свете

(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: Общество с ограниченной ответственностью фирма «Ставрополь-сервис-школа», 2022. 78 с.).

С использованием эндонуклеаз рестрикции *Msp I* (C[^]CGG); *Hae III* (GG[^]CC); *BseI* I (ACTGGN[^]) фирмы «СибЭнзим» (Россия) проводили ПДРФ анализ продуктов амплификации изучаемых полиморфных участков генов *CAST*, *GH*, *KAP 1.3* (рис. 1, 2 и 3)

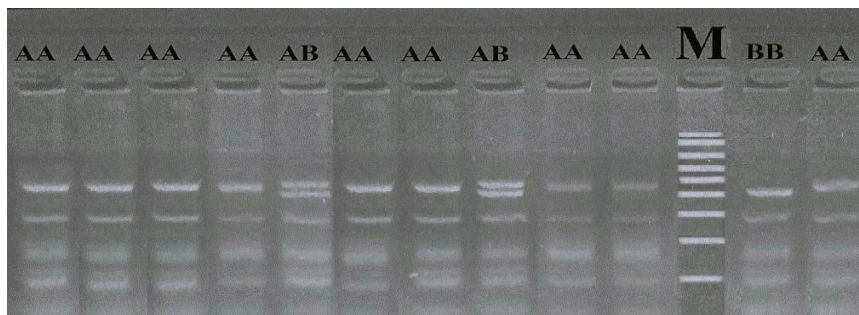


Рис. 1. Фореграмма гена *GH*

Обозначения: М – ДНК-маркер M50 (Изоген); Генотипы: AA – 277; 202; 110; 100; 94; 68; 49; 22; 8 и 4 п.н.; AB – 277; 256; 202; 110; 100; 94; 68; 49; 22; 8 и 4 п.н.; BB – 256; 202; 110; 100; 94; 68; 49; 22; 8 и 4 п.н.

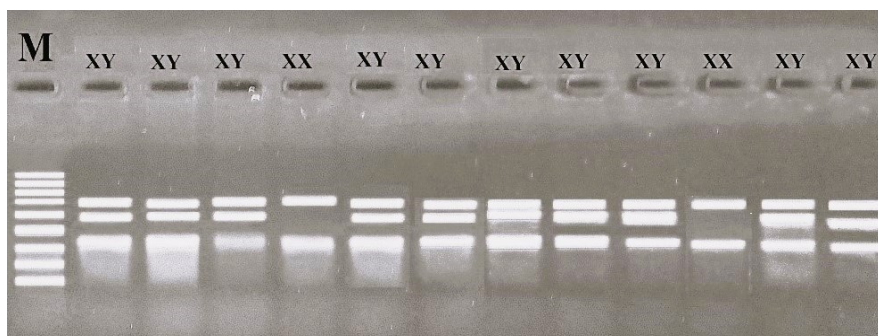


Рис. 2. Фореграмма гена *KAP1.3*

Обозначения: М – ДНК-маркер M50 (Изоген); Генотипы: XX – 350 и 225 п.н.; XY – 350; 309 и 225 п.н.; YY – 309 и 225 п.н.

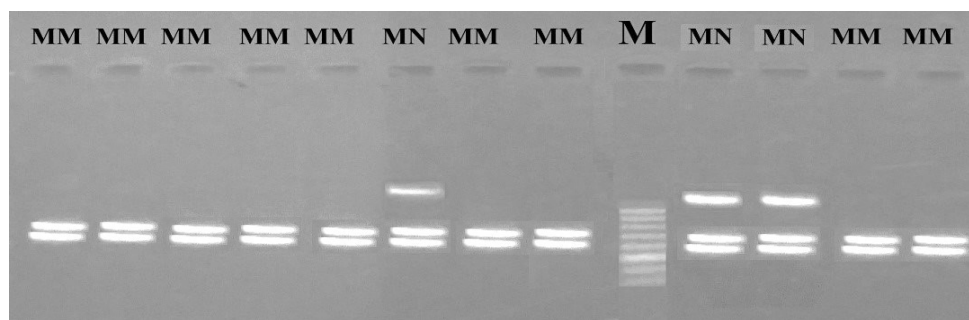


Рис. 3. Фореграмма гена *CAST*

Обозначения: М – ДНК-маркер M50 (Изоген); Генотип: MM – 336 и 286 п.н.; MN – 622; 336 и 286 п.н.; NN – 622 п.н.

По отобранным образцам шерсти проводили изучение количественных и качественных показателей основных свойств шерсти (процент выхода чистой шерсти, тонины, длины) по методикам Завгородней Г. В., (Завгородняя Г. В., Павлова М. И. *Справочник шерстоведа. Ставрополь: Северо-Кавказский Федеральный научный агроинженерный центр. 2020. 70 с.*) и Дмитрик И. И. (Дмитрик И. И., Завгородняя Г. В., Павлова М. И. *Типизация тонкой шерсти в Ставропольском крае и в Республике Калмыкия: рекомендации. Ставрополь: ФГБНУ*

«Северо-Кавказский ФНАЦ»; "Ставрополь-Сервис-Школа". 2023. 74 с. – ISBN 978-6050770-6-0)

Полученные статистические данные обрабатывали с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты

Сравнительный анализ результатов генотипирования животных родительского стада и их потомков свидетельствует об особенностях полиморфизма аллельного профиля генов *CAST*, *GH* и *KAP1.3*, контролирующих мясную и шерстную продуктивность в разных половозрастных группах,

выразившегося в значительной вариабельности частоты встречаемости как аллелей, так и генотипов. По результатам проведения генотипирования у овцематок родительского стада распределение генотипов и аллелей выглядело следующим образом: частота встречаемости генотипов $CAST^{MM}$, $CAST^{NN}$, $CAST^{MN}$ гена $CAST$ составила – 0,80; 0,0; 0,20; аллелей $CAST^N$ и $CAST^M$ соответственно 0,10 и 0,90; генотипов GH^{AA} , GH^{BB} , GH^{AB} гена GH – 0,70; 0,03 0,27; аллелей GH^B и GH^A – 0,17 и 0,83; генотипов $KAP1.3^{XX}$, $KAP1.3^{YY}$, $KAP1.3^{XY}$ гена $KAP1.3$ – 0,17; 0,0; 0,83, аллелей $KAP1.3^Y$ и $KAP1.3^X$ – 0,42 и 0,58, соответственно (табл. 1).

Таблица 1. Частота встречаемости аллелей и генотипов у овцематок

Частота встречаемости				
Генотип			Аллель	
CAST				
CAST ^{MM}	CAST ^{NN}	CAST ^{MN}	CAST ^M	CAST ^N
0,80	0,0	0,20	0,9	0,1
Число эффективно действующих аллелей 1,22				
Концентрация желательных аллелей CAST ^N = 0,2				
GH				
GH ^{AA}	GH ^{BB}	GH ^{AB}	GH ^A	GH ^B
0,70	0,03	0,27	0,83	0,17
Число эффективно действующих аллелей 1,38				
Концентрация желательных аллелей GH ^B 0,3				
KAP1.3				
KAP1.3 ^{xx}	KAP1.3 ^{yy}	KAP1.3 ^{xy}	KAP1.3 ^x	KAP1.3 ^y
0,17	0,0	0,83	0,58	0,42
Число эффективно действующих аллелей 1,95				
Концентрация желательных аллелей KAP1.3 ^x 1,0				

Число эффективно действующих аллелей, которое рассчитывается по каждому полиморфному локусу генов, является важным интегральным показателем и характеризует число активно действующих аллелей в популяции. Так, в гене кальпастина ($CAST$) его значение составило – 1,22, в генах гормона роста (GH) – 1,38 и кератин-ассоциирующего белка ($KAP1.3$) – 1,95. Установлено, что концентрация желательных аллелей составила по генам $CAST$ ($CAST^N$) – 0,2; GH (GH^B) – 0,3 и $KAP1.3$ ($KAP1.3^X$) – 1,0.

У чистопородных баранов-производителей породы черноземельский меринос по результатам анализа ПЦР-ПДРФ были выявлены две особи для подбора родительских пар, имеющие генокомплексы: $CAST^{MN}GH^{AA}KAP1.3^{XX}$ (баран № 12101: тонина шерсти – 18,50 мкм; качество – 70) и $CAST^{MM}GH^{AB}KAP1.3^{XX}$ (баран № 03134: тонина шерсти – 17,37 мкм; качество – 80).

Доля овцематок носителей комплексных генотипов, это 4 животных, включающих четыре ($CAST^{MN}GH^{BB}KAP1.3^{XY}$; $CAST^{MN}GH^{AB}KAP1.3^{XX}$) желательных маркерных аллелей трёх генов составила 13,33 %, три желательные аллели ($CAST^{MN}GH^{AB}KAP1.3^{XY}$; $CAST^{MM}GH^{AB}KAP1.3^{XX}$) трёх генов были у 2 животных – 6,67 %, 5 животных имели две желательные ($CAST^{MM}GH^{AA}KAP1.3^{XX}$; $CAST^{MN}GH^{AA}KAP1.3^{XY}$; $CAST^{MM}GH^{AB}KAP1.3^{XY}$) аллели трёх генов – 16,67 %. 19 овцематок являлись носителями генокомплекса ($CAST^{MM}GH^{AA}KAP1.3^{XY}$), имеющего одну желательную аллель в трёх генах, их доля составила 63,33 % (табл. 2).

Таблица 2. Варианты подбора родительских пар в зависимости от генотипов генов $CAST$, GH , $KAP1.3$.

Мать, ♀ (овцематки, n=30)			Отец, ♂ Генокомплекс, (баран-произ- водитель)	Генокомплекс потомков, (n=30)
Генокомплекс	Число жела- тельных алле- лей/ генов	%		
$CAST^{MN}GH^{BB}KAP1.3^{XY}$ (n = 1)	4/3	13,33	$CAST^{MN}GH^{AA}KAP1.3^{XX}$ (№ 12101)	$CAST^{NN}GH^{AB}KAP1.3^{XX}$ (♂), (n = 1)
$CAST^{MN}GH^{AB}KAP1.3^{XX}$ (n = 3)				$CAST^{NN}GH^{AB}KAP1.3^{XX}$ (♂), (♀), (n = 2)
$CAST^{MN}GH^{AB}KAP1.3^{XY}$ (n = 1)	$CAST^{MN}GH^{AB}KAP1.3^{XX}$ (♂), (n = 1)			
$CAST^{MM}GH^{AA}KAP1.3^{XX}$ (n = 1)	$CAST^{NN}GH^{AB}KAP1.3^{XX}$ (♂), (n = 1)			
$CAST^{MM}GH^{AA}KAP1.3^{XY}$ (n = 9)	1/3	30,00		$CAST^{MM}GH^{AA}KAP1.3^{XX}$ (♀), (n = 1)
$CAST^{MN}GH^{AB}KAP1.3^{XY}$ (n = 1)	3/3	3,33		$CAST^{MN}GH^{AA}KAP1.3^{XX}$ (♂), (n = 2)
$CAST^{MN}GH^{AA}KAP1.3^{XY}$ (n = 1)				$CAST^{MM}GH^{AA}KAP1.3^{XY}$ (♂), (♀), (n = 2)
$CAST^{MM}GH^{AB}KAP1.3^{XY}$ (n = 3)				$CAST^{MM}GH^{AA}KAP1.3^{XY}$ (♀), (n = 5)
$CAST^{MM}GH^{AA}KAP1.3^{XY}$ (n = 10)	1/3	33,33	$CAST^{MN}GH^{AB}KAP1.3^{XX}$ (♂), (n = 1)	
	2/3	13,33	$CAST^{MM}GH^{AB}KAP1.3^{XX}$ (№ 03134)	$CAST^{MN}GH^{AB}KAP1.3^{XX}$ (♂), (n = 1)
			$CAST^{MM}GH^{BB}KAP1.3^{XX}$ (♂), (♀), (n = 3)	
			$CAST^{MM}GH^{AB}KAP1.3^{XX}$ (♀), (n = 4)	
			$CAST^{MM}GH^{AB}KAP1.3^{XY}$ (♂), (n = 3)	
			$CAST^{MM}GH^{AA}KAP1.3^{XY}$ (♀), (n = 3)	

По результатам проведенного скрещивания овцематок с баранами-производителями, носителями желательных генокомплексов по изучаемым генам *CAST*, *GH*, *KAP1.3* было получено потомство (F1) ♂ (n = 13) и ♀ (n = 17), у которого также было выявлено присутствие желательных *CAST^N*, *GH^B* и *KAP1.3^X* аллелей, ассоциирующихся с высокой мясной и шерстной продуктивностью.

При анализе результатов полиморфизма генов кальпастина (*CAST*), гормона роста (*GH*) и кератин-ассоциирующего белка (*KAP1.3*) у молодняка (F1) овец была определена высокая (0,77 и 0,67) частота встречаемости аллелей *CAST^M* и *GH^A*, что почти в два раза больше по сравнению с частотой встречаемости желательных аллелей *CAST^N* и *GH^B* (0,23 и 0,33).

У полученного молодняка (F1) (♂ (n=13) и ♀ (n=17)) овец распределение генотипов выглядело следующим образом: у 4 животных частота встречаемости генотипа *CAST^{NN}* гена *CAST* составила -0,13, *CAST^{MM}* у 20 животных - 0,67, и 6 животных *CAST^{MN}* - 0,20; 3 животных с генотипом *GH^{BB}* гена *GH* - 0,1, у 13 животных *GH^{AA}* - 0,43, и 14 животных имели генотип *GH^{AB}* - 0,47. При изучении полиморфизма гена кератин-ассоциирующего белка у молодняка данной популяции овец, получены следующие данные: генотип *KAP1.3^{YY}* не был выявлен и составил - 0,0; 17 животных имели желательный генотип *KAP1.3^{XX}* - 0,57, у 13 животных генотип *KAP1.3^{XY}* гена *KAP1.3* - 0,43. При этом частота аллеля *KAP1.3^Y* составила 0,22, а желательного аллеля *KAP1.3^X* - 0,78. Концентрация желательного аллеля *KAP1.3^X* равна 1,0.

Число эффективно действующих аллелей в группе исследуемого молодняка составило 1,56-по

гену кальпастина (*CAST*), 1,80 по гену гормона роста (*GH*), и 1,51-по гену кератин-ассоциирующего белка (*KAP1.3*) (табл. 3).

В результате проведенного подбора и скрещивания родительских пар у изучаемого молодняка (F1) (♂, n = 13) и ♀, n = 17) овец были выявлены 4 животных-носителя с пятью (*CAST^{NN}GH^{AB}KAP1.3^{XX}*) маркерными аллелями, частота встречаемости которых составила 13,33 %; доля животных с четырьмя (*CAST^{MN}GH^{AB}KAP1.3^{XX}*; *CAST^{MM}GH^{BB}KAP1.3^{XX}*), тремя (*CAST^{MN}GH^{AA}KAP1.3^{XX}*; *CAST^{MM}GH^{AB}KAP1.3^{XX}*) и двумя желательными (*CAST^{MM}GH^{AB}KAP1.3^{XY}*) аллелями была у 16 животных и составила - 53,37 %, с одной (*CAST^{MM}GH^{AA}KAP1.3^{XY}*) аллелью у 10 животных - 33,33 %.

Таблица 3. Частота встречаемости аллелей и генотипов у молодняка

Частота встречаемости				
Генотип			Аллель	
CAST				
CAST ^{MM}	CAST ^{NN}	CAST ^{MN}	CAST ^M	CAST ^N
0,67	0,13	0,20	0,77	0,23
Число эффективно действующих аллелей =1,56				
GH				
GH ^{AA}	GH ^{BB}	GH ^{AB}	GH ^A	GH ^B
0,43	0,10	0,47	0,67	0,33
Число эффективно действующих аллелей =1,8				
KAP1.3				
KAP1.3 ^X _X	KAP1.3 ^Y _Y	KAP1.3 ^X _Y	KAP1.3 _X	KAP1.3 _Y
0,57	0,0	0,43	0,78	0,22
Число эффективно действующих аллелей =1,51				

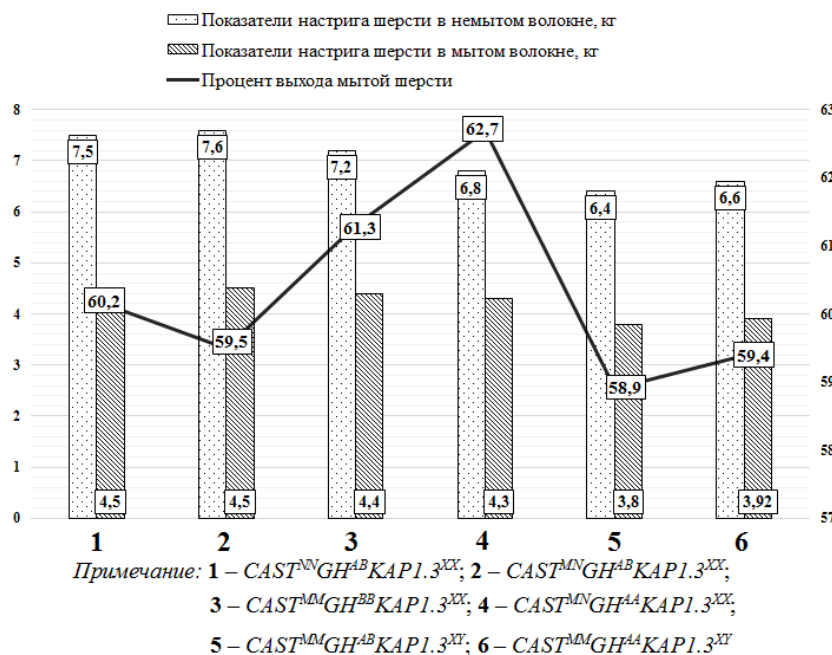


Рис. 4. Показатели настига шерсти у баранчиков (n = 13) (возраст 14 месяцев) в зависимости от разных комплексных генотипов генов *CAST*, *GH*, *KAP1.3*

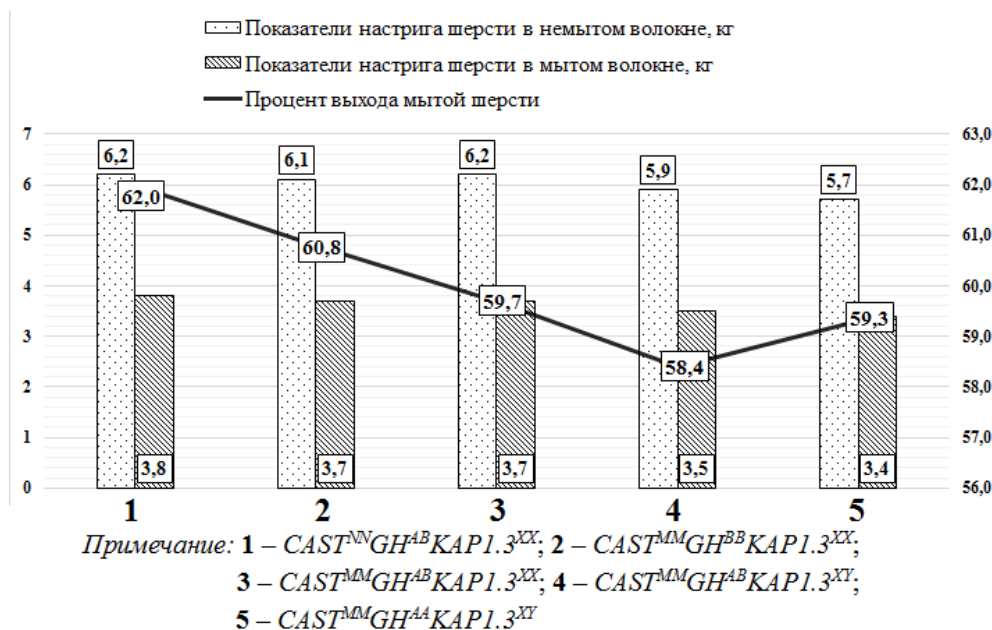


Рис. 5. Показатели настрига шерсти у ярок, (n = 17) (возраст 14 месяцев) овец в зависимости от генотипов генов *CAST*, *GH*, *KAP1.3*

По количественным показателям шерсти, а именно настригу шерсти как в немытом, так и в мытом волокне, наибольшее преимущество было у баранчиков носителей комплексных генотипов, включающих пять, четыре и три маркерных аллелей ($CAST^{NN}GH^{AB}KAP1.3^{XX}$, $CAST^{MM}GH^{AB}KAP1.3^{XX}$, $CAST^{MM}GH^{BB}KAP1.3^{XX}$, $CAST^{MM}GH^{AA}KAP1.3^{XX}$) трех генов в среднем на 7,2 и 4,4 кг и у ярок-носителей генокомплексов ($CAST^{NN}GH^{AB}KAP1.3^{XX}$, $CAST^{MM}GH^{BB}KAP1.3^{XX}$, $CAST^{MM}GH^{AB}KAP1.3^{XX}$) – в среднем 6,2 и 3,4 кг, превалирование над животными-носителями

включающих в генокомплекс две или одну желательную аллель ($CAST^{MM}GH^{AB}KAP1.3^{XY}$, $CAST^{MM}GH^{AA}KAP1.3^{XY}$) в трёх генах составило по группе баранчиков на 11,80 и 15,49 %, ярок – на 6,38 и 10,00 % (рис. 4 и 5).

Тонкий диаметр шерсти выявлен фактически как у баранчиков (n = 13), так и ярок (n = 17), носителей разных комплексных генотипов, что соответствует характеристикам тонкой шерсти породы черномозельский меринос (рис. 6).

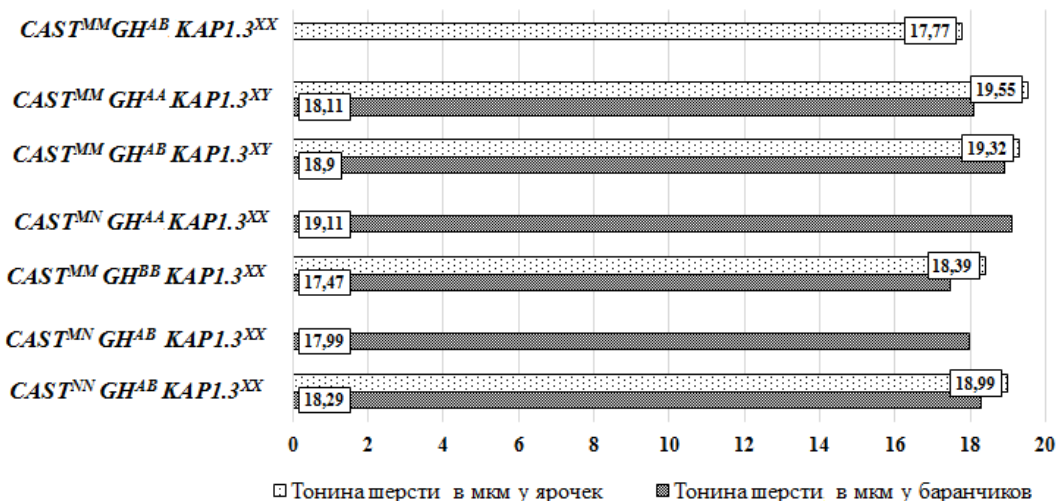


Рис. 6. Показатели тонины шерсти ремонтного молодняка у баранчиков (n = 13) и ярок (n = 17) (возраст 14 месяцев) в зависимости от комплексных генотипов

Так, животные имели тонину шерсти в пределах 80 качества: баранчики-носители комплексных генотипов ($CAST^{MM}GH^{BB}KAP1.3^{XX}$, $CAST^{MN}GH^{AB}KAP1.3^{XX}$) 17,47...17,99 мкм – 13,33 %, и ярочки-носители ($CAST^{MM}GH^{AB}KAP1.3^{XX}$) – 17,7 мкм, так же 13,33 %, в сравнении с особями других

вариантов генотипов, которая в текстильной промышленности ценится гораздо дороже в сравнении с 70 – качеством.

Обсуждение

Овцеводство представляет собой значимую отрасль животноводства как в развитых, так и в

развивающихся странах, выполняющая важные функции по обеспечению населения качественным мясом, шерстью и другими ценными продуктами. Приоритетными задачами в данной области являются разработка методов эффективной эксплуатации генофонда овец с целью выявления наиболее ценных селекционно-значимых генов-маркеров с последующим закреплением их в популяциях [9]. В проведенном исследовании изучен полиморфизм генов *CAST*, *GH* и *KAP1.3* у овец породы черноземельский меринос и отмечена связь между генотипом животных и основными показателями свойств шерсти. Выбор данных генов обусловлен их различным по силе и механизму влиянию на признаки шерстной продуктивности.

Проведённые исследования на овцах породы черноземельский меринос показали, что гены *CAST*, *GH* и *KAP1.3* имеют разные частоты встречаемости как аллелей, так и генотипов. В наших исследованиях частота встречаемости желательных для селекции аллелей *CAST^N*, *GH^B* и *KAP1.3^X* у овцематок родительского стада составила 0,10; 0,17 и 0,58, а у молодняка (F1) овец: 0,23 0,33 и 0,78 соответственно. Вышесказанное подтверждает тот факт, что в изучаемых нами выборках преобладают аллели *CAST^M* и *GH^A* и *KAP1.3^X*.

В исследованиях, проводимых З.К. Гаджиевым и соавторами, выявлено, что у десяти разных пород овец (разводимых на территории Юга России) аллельный полиморфизм гена гормона роста (*GH*) представлен также двумя аллелями (А и В) и отмечено преобладание *GH^A* аллеля, частота встречаемости которого варьировала – от 0,53 до 1,0 [15].

В литературе имеются данные по результатам генетического анализа овец различных пород (ставропольская, маньчжурский меринос, северокавказская мясошерстная, дагестанская горная, российская мясной меринос, калмыцкая курдючная, калмыцкая курдючная (помеси F1 ½ калмыцкая курдючная × ½ шароле), джалгинский и черноземельский меринос), разводимых в условиях Северного Кавказа по гену кальпастантин. Установлено, что во всех изученных породах частота аллели *CAST^M* достоверно превышала частоту аллели *CAST^N*. Значения частоты аллели *CAST^M* варьировали в диапазоне от 0,78 до 0,90 [16].

В исследованиях, проводимых Р. Ю. Сениной, отмечено, что у овец пород: дагестанская горная, черноземельский меринос, романовская, кавказская наблюдалось преобладание аллеля *KAP1.3^X* гена кератин-ассоциирующего белка с частотой встречаемости от 0,66 до 0,79. У овец грозненской тонкорунной породы частоты аллелей Х и У были равны. Следовательно, полученные в наших исследованиях данные согласуются с результатами исследований, выполненных на других породах овец [17].

Однако в зарубежных исследованиях, проведенных Kumar R. и соавторами, при изучении

полиморфизма гена *KAP1.3* у различных аборигенных пород овец Индии было установлено, что гетерозиготный генотип *KAP1.3^{XY}* был преобладающим в популяциях пород Malpura, Avikalin, Nellore, Garole, Magra и Deccani. В то же время, в популяциях пород Chokla, Sonadi, Nali, Patanwadi и Kendrapara отмечалось преобладание гомозиготного генотипа *KAP1.3^{YY}* [18].

В литературе есть данные по влиянию исследуемых нами генов на шерсть животных. Так исследование, проведенное А.Я. Куликовой, на генофондном стаде овец южной мясной породы показали, что гетерозиготные особи (носители генотипа *GH^{AB}*) по живой массе превосходили гомозиготных *GH^{AA}* по настиргу шерсти – на 2,4 % [19].

Г.М. Гончаренко и соавторы провели анализ связи разных генотипов гена кальпастантин с настиргом шерсти и длиной штапеля и выявили единичные ассоциативные связи. Исследования показали, что по длине пуха у овцематок породы буубэй желательным генотипом были *KRT1.2^{MM}* и *KAP1.3^{YY}*, по настиргу шерсти у баранов забайкальской породы генотип *CAST^{MM}* [20].

Интересная часть нашей работы и её особенность заключается в том, что было проведено исследование влияния комбинированного генокомплекса генотипов по генам кальпастантин (*CAST*), гормон роста (*GH*), кератин-ассоциирующий белок (*KAP1.3*). Установлено, что эпистатическое взаимодействие генов *CAST*, *GH* и *KAP1.3* имеет влияние на выраженность количественных и качественных показателей шерсти. Так в группе баранчиков с генотипами *CAST^{MM}GH^{BB}KAP1.3^{XX}* и *CAST^{MM}GH^{AB}KAP1.3^{XX}* средняя тонина шерсти составила 17,47...17,99 мкм (13,33% от выборки), аналогичный эффект выявлен у ярок с генотипом *CAST^{MM}GH^{AB}KAP1.3^{XX}* (17,7 мкм; 13,33 % от выборки), данные животные имели тонину шерсти в пределах 80 качества, что в сравнении с особями других вариантов генотипов ценится гораздо дороже в сравнении с 70 – качеством. Следовательно, исследования в данном направлении нужно продолжать, расширив при этом выборку животных и проделать эксперимент на других породах овец.

Заключение

Гены *CAST*, *GH* и *KAP1.3* имеют значительное влияние на хозяйственно-полезные признаки (рост, развитие, качество шерсти), что подтверждает их селекционную ценность. Выявлены ассоциации аллелей гена *KAP1.3* с показателями шерстной продуктивности, такими как тонина, величина настирга, длина и прочность волокон. Баранчики-носители комплексных генотипов *CAST^{MM}GH^{BB}KAP1.3^{XX}* и *CAST^{MM}GH^{AB}KAP1.3^{XX}* и ярок-носители генотипа *CAST^{MM}GH^{AB}KAP1.3^{XX}* имели тонину шерсти в пределах 80 качества в сравнении с особями других вариантов генотипов.

Литература

1. Перспективные ДНК-маркеры, влияющие на продуктивные качества овец / В. Х. Федоров, Н. В. Широкова, А. И. Белисов и др. // Ветеринария Северного Кавказа. 2024. № 9. С. 223-228. doi: 10.24412/cl-37120-2024-9-223-228
2. Особенности полиморфизма генов GH-HaeIII, CAST-MspI у овец разных пород / Суворов А.И., Гаджиев З.К., Суржикова Е.С. и др. // Аграрный научный журнал. 2022. № 7. С. 81-84.
3. Ассоциация полиморфизма генов GDF9/G1, CAST, KRT1.2, KAP1.3 с экономически важными признаками пород овец Забайкалья / Т. Н. Хамируев, Г. М. Гончаренко, С. М. Дашинимаев и др. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 9 (310). С. 82-91. doi 10.26898/0370-8799-2024-9-9.
4. Identification of novel genetic variants for KAP1.1, KAP1.3 and K33 genes in some of indigenous goat breeds of Turkey / R. Işık, E.Ö. Ünal, A. Fidan et al. // Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences. 2021. Vol. 45. No. 5. P. 1-10. doi: 10.3906/vet-2101-35
5. Полиморфизм генов CAST, GH, GDF9 овец дагестанской горной породы / Оздемиров А. А., Чижова Л. Н., Хожаков А. А. и др. // Юг России: экология, развитие. 2021. Т.16. №. 2(59). С. 39-44.
6. Система комплексной оценки селекционной перспективности племенных стад и их генетического благополучия на основе ДНК-диагностики / Л. Н. Чижова, Г. Т. Бобрышова, Е. С. Суржикова и др. Ставрополь, 2020. 92 с.
7. Погодаев В. А., Кононова Л. В., Адучиев Б. К. Полиморфизм генов кальпастина и соматотропина у овец калмыцкой курдючной породы и помесей (½ калмыцкая курдючная + ½ дорпер) // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. №. 3 (47). С. 141-145
8. Генетические маркеры в мясном овцеводстве / А. В. Дейкин, М. И. Селионова, А. Ю. Криворучко и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20, №. 5. С. 576–583. doi: 10.18699/VJ16.139.
9. Использование метода генотипирования для отбора животных желательного типа / А.И. Суворов, С.Н. Шумаенко, А.А. Омаров и др. // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №. 4. С. 136-157. doi: 10.12731/2658-6649-2023-15-4-136-157
10. Сердюк Г.Н., Притужалова А.О. ДНК-маркеры в селекции овец // Овцы, козы, шерстяное дело. 2019. №. 2. С. 10-11
11. Lushnikov V., Strilchuk A. Influence of DNA-Markers Kap 1.3, Cast, Lep 387 on the Productivity of Sheep of the Caucasian and Edilbaevskaya Breeds. 2022. No. 43. P. 03033. doi: 10.1051/bioconf/20224303033
12. Association of polymorphic variants of KAP 1.3 gene with wool traits in Rambouillet sheep / V. Mahajan, A.K. Das, R.K. Taggar, et al. // Indian Journal of Animal Sciences. 2017. No. 87. Vol. (10). P. 1237-1242. doi: 10.5958/0973-9718.2016.00018.0
13. Whole-Genome Resequencing Reveals Selection Signal Related to Sheep Wool Fineness / W. Zhang, M. Jin, T. Li, et al. // Animals. 2023. No. 13. P. 2944. doi: 10.3390/ani13182944
14. Nyoni N., Itenge T., Shipandeni M. Polymorphism of the KAP1.3 and KRT33A genes in the Swakara sheep of Namibia. 2020. No. 2. P. 81-93. doi: 10.32642/wijas.v2i
15. Полиморфизм гена гормона роста (GH) у овец разных пород Юга России / З. К. Гаджиев, А. В. Погодаев, Е. С. Суржикова и др. // Сельскохозяйственный журнал. 2024. №. 2 (17). С.62-71. doi 10.48612/FARC/2687-1254/006.2.17.2024
16. Гаджиев З. К., Суржикова Е. С., Шумаенко С. Н. Полиморфизм гена CAST у овец разных пород Северного Кавказа // Аграрный научный журнал. 2024. №. 12. С. 105-109. doi: 10.28983/asj.y2024i12pp105-109.
17. Полиморфизм гена KAP1.3 у отечественных пород овец разного направления продуктивности / Р. Ю. Сенина, Л. А. Калашникова, В. П. Лушников и др. // Овцы, козы, шерстяное дело. 2019. №. 4. С. 10-12.
18. Polymorphism of KRT1.2 and KAP1.3 genes in Indian sheep breeds / R. Kumar, A.S. Meena, R. Kumari, et al. // Indian Journal of Small Ruminants. 2016. No. 22 (1). P. 28-31. doi: 10.5958/0973-9718.2016.00018.0
19. Куликова А. Я. Генетическая ассоциация полиморфизма гена гормона роста (GH) с продуктивностью овец южной мясной породы. Овцы, козы, шерстяное дело. 2023. №. 2. С. 30-33. doi: 10.26897/2074-0840-2023-2-30-33
20. Генотипическая структура овец буубэй и забайкальской породы по генам GDF9, CAST, KRT1.2, KAP1.3 и их связь с продуктивностью / Г. М. Гончаренко, Т. Н. Хамируев, С. М. Дашинимаев и др. // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Т. 16. No. 4. С. 186-207. doi: 10.12731/2658-6649-2024-16-4-868

References

1. Promising DNA markers affecting productivity quality Sheep food / V. Kh. Fedorov, N. V. Shirokova, A. I. Belisov, et al. // Veterinary Science of the North Caucasus. 2024. No. 9. P. 223-228. doi: 10.24412/cl-37120-2024-9-223-228
2. Features of the polymorphism of the GH-HaeIII, CAST-MspI genes of sheep of different breeds / A. I. Surov, Z. K. Gadzhiev, E. S. Surzhikova, et al. // Agrarian scientific journal. 2022. No. 7. P. 81-84.
3. Association of the polymorphism of the GDF9/G1, CAST, KRT1.2, KAP1.3 genes with economically important traits of sheep breeds in Transbaikalia / T. N. Khamiruyev, G. M. Goncharenko, S. M. Dashinimaev, et al. // Siberian Vestnik of Agricultural Science. 2024. Vol. 54. No. 9 (310). P. 82-91. doi 10.26898/0370-8799-2024-9-9.

4. Identification of novel genetic variants for KAP1.1, KAP1.3, and K33 genes in some of indigenous goat breeds of Turkey / R. Işık, E.Ö. Ünal, A. Fidan, et al. // Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences. 2021. Vol. 45. No. 5. P. 1-10. doi: 10.3906/vet-2101-35
5. Polymorphism of the CAST, GH, GDF9 genes in Dagestan mountain breed sheep / A. A. Ozdemirov, L. N. Chizhova, A. A. Khozhokov, et al. // South of Russia: ecology, development. 2021. V.16. No. 2(59). P. 39-44.
6. System for a comprehensive assessment of the breeding potential of breeding herds and their genetic well-being based on DNA diagnostics / L. N. Chizhova, G. T. Bobryshova, E.S. Surzhikova, et al. Stavropol. 2020. 92 p.
7. Pogodaev V. A., Kononova L. V., Aduchiev B. K. Polymorphism of the calpastatin and somatotropin genes in Kalmyk fat-tailed sheep and crossbreeds ($\frac{1}{2}$ Kalmyk fat-tailed + $\frac{1}{2}$ Dorper) // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2019. No. 3 (47). P. 141-145
8. Genetic markers in meat sheep breeding / A. V. Deikin, M. I. Selionova, A. Yu. Krivoruchko, et al. // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2016. Vol. 20, No. 5. P. 576–583. doi: 10.18699/VJ16.139.
9. Use of the genotyping method for selecting animals of the desired type / A. I. Surov, S. N. Shumaenko, A. A. Omarov, et al. // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Vol. 15, No. 4. P. 136-157. doi: 10.12731/2658-6649-2023-15-4-136-157
10. Serdyuk G. N., Prituzhalova A. O. DNA markers in sheep breeding // Sheep, goats, wool business. 2019. No. 2. P. 10-11
11. Lushnikov V., Strilchuk A. Influence of DNA-Markers Kap 1.3, Cast, Lep 387 on the Productivity of Sheep of the Caucasian and Edilbaevskaya Breeds. 2022. No. 43. R 03033. doi: 10.1051/bioconf/20224303033
12. Association of polymorphic variants of KAP 1.3 gene with wool traits in Rambouillet sheep / V. Mahajan, A.K. Das, R.K. Taggar, et al. // Indian Journal of Animal Sciences. 2017. No. 87. Vol. (10). R. 1237-1242. doi: 10.5958/0973-9718.2016.00018.0
13. Whole-Genome Resequencing Reveals Selection Signal Related to Sheep Wool Fineness / W. Zhang, M. Jin, T. Li, et al. // Animals. 2023. No. 13. P. 2944. doi: 10.3390/ani13182944
14. Nyoni N., Itenge T., Shipandeni M. Polymorphism of the KAP1.3 and KRT33A genes in the Swakara sheep of Namibia. 2020. No. 2. P. 81-93. doi: 10.32642/wijas.v2i.
15. Polymorphism of the growth hormone (GH) gene of sheep of different breeds of Southern Russia / Z. K. Gadzhiev, A. V. Pogodaev, E. S. Surzhikova, et al. // Agricultural Journal. 2024. No. 2 (17). P. 62-71. doi 10.48612/FARC/2687-1254/006.2.17.2024
16. Gadzhiev Z. K., Surzhikova E. S., Shumaenko S. N. Polymorphism of the CAST gene in sheep of different breeds of the North Caucasus // Agrarian scientific journal. 2024. No. 12. P. 105-109. doi: 10.28983/asj.y2024i12pp105-109.
17. Polymorphism of the KAP1.3 gene in domestic sheep breeds of different productivity directions / R. Yu. Senina, L. A. Kalashnikova, V. P. Lushnikov, et al. // Sheep, goats, wool business. 2019. No. 4. P. 10-12.
18. Polymorphism of KRT1.2 and KAP1.3 genes in Indian sheep breeds / R. Kumar, A.S. Meena, R. Kumari, et al. // Indian Journal of Small Ruminants. 2016. No. 22 (1). P. 28-31. doi: 10.5958/0973-9718.2016.00018.0
19. Kulikova A. Ya. Genetic association of growth hormone (GH) gene polymorphism with productivity of southern meat sheep. Sheep, goats, wool business. 2023. No. 2. P. 30-33. doi: 10.26897/2074-0840-2023-2-30-33
20. Genotypic structure of Buubei and Transbaikalian sheep for the GDF9, CAST, KRT1.2, KAP1.3 genes and their relationship with productivity / G. M. Goncharenko, T. N. Khamiruev, S. M. Dashinimaev, et al. // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Vol. 16, No. 4. P. 186-207. doi: 10.12731/2658-6649-2024-16-4-868