



DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-9

УДК:636.32/.38.39.082.13:612.1

ВЛИЯНИЕ ГРУПП КРОВИ, ГЕНОВ CAST, BLG НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОВЕЦ И КОЗ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ

¹Гончаренко Г.М., ¹Гришина Н.Б., ¹Хорошилова Т.С.,
¹Романчук И.В., ²Каргачакова Т.Б., ²Подкорытов Н.А.

¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

²Горноалтайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства –
филиал Федерального Алтайского научного центра агробиотехнологий
Республика Алтай, пос. Майма, Россия

Информация для цитирования:

Гончаренко Г.М., Гришина Н.Б., Хорошилова Т.С., Романчук И.В., Каргачакова Т.Б., Подкорытов Н.А. Характеристика овец и коз Республики Алтай по группам крови, генам GAST, BLG и их связь с продуктивностью // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 4. С. 63–71. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-9

Goncharenko G.M., Grishina N.B., Khoroshilova T.S., Romanchuk I.V., Kargachakova T.B., Podkoritov N.A. Kharakteristika ovets i koz Respubliki Altai po gruppam krovi, genam GAST, BLG i ikh svyaz' s produktivnost'yu [Characteristics of the sheep and goats of the Altay Republic by blood groups, CAST, BLG genes and their relation to productivity]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2018, vol. 48, no. 4. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-9

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Привлечение генетических маркеров в дополнение к традиционным методам отбора животных с желательными генотипами позволяет повысить долю животных с высокой продуктивностью в последующих поколениях и обеспечивает повышение эффективности селекционной работы. Изучена генетические особенности прикатунского типа горноалтайской полутонкорунной породы овец и алтайской белой пуховой породы коз в Республике Алтай методом иммуно- и молекулярно-генетического анализа. Выявлена частота антигенных факторов и рассчитан индекс генетического сходства между козами и овцами, а также отдельными стадами. Методом ДНК-диагностики выявлен полиморфизм генов β -лактоглобулина и кальпастатина. Изучена популяционно-генетическая

INFLUENCE OF BLOOD GROUPS, CAST AND BLG GENES ON PRODUCTIVITY OF THE SHEEP AND GOATS OF THE ALTAI REPUBLIC

¹Goncharenko G.M., ¹Grishina N.B.,
¹Khoroshilova T.S., ¹Romanchuk I.V.,
²Kargachakova T.B., ²Podkoritov N.A.

¹Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia

²Gorno-Altay Research Institute of Agriculture – Branch of the Altay Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Mayma, Altay Republic, Russia

The use of genetic markers in addition to traditional methods of animal selection with desirable genotypes allows to increase the share of animals with high productivity in the next generations and ensures improvement of breeding efficiency. Genetic features of the Prikatun type of the Gorno-Altay semi-fine wool breed of sheep and the white downy goat breed in the Republic of Altay were studied by the method of immunogenetic and molecular genetic analysis. The frequency of antigenic factors was identified and the index of genetic similarity between goats and sheep and their separate herds was calculated. Gene polymorphism of β -lactoglobulin (BLG) and calpastatin (CAST) was revealed by the method of DNA diagnosis. Population and genetic characteristics of the herds was studied by the

характеристика стад по указанным генам. Выявлены ассоциативные связи генотипов с продуктивностью и качеством получаемой продукции. Индекс генетического сходства между козами и овцами находился на уровне 0,713, между отдельными стадами коз – 0,861. Методом ПЦР-анализа определено соотношение генотипов в гене β -лактоглобулина у коз белой пуховой породы: S_1S_1 – 16,1%, S_1S_2 – 50,6, S_2S_2 – 33,3%. В прикатунском типе в этом гене выявлено два генотипа: BB с частотой 59,2% и AB – 40,8%. У овец в гене кальпастин выявлено два разных аллеля (M и N). Преобладающим вариантом в гене кальпастин овец является генотип MM (88%), животных с NN генотипом – 1%, MN – 11%. При этом генное равновесие в стадах не нарушено, $\chi^2 = 0,931$. Отмечено, что гетерозиготные козы (S_1S_2) по гену β -лактоглобулина имели живую массу на 0,30–0,61 кг выше в сравнении с другими его вариантами ($p < 0,05$). У баранчиков с генотипом MM гена кальпастина живая масса на 5,5 кг выше, чем у MN гетерозигот ($p < 0,01$). Однако в других половозрастных группах это различие не отмечено.

Ключевые слова: овцы, козы, генотип, аллель, полиморфизм, частота встречаемости, продуктивность

ВВЕДЕНИЕ

Овцеводство и козоводство – ведущие отрасли Республики Алтай, для развития которых наряду с улучшением кормления и содержания необходимо совершенствование селекционно-племенной работы в направлении эффективного отбора и подбора, прогнозирования генетического потенциала в раннем возрасте с использованием генетических маркеров, связанных с селекционными признаками животных. В качестве перспективных генов-кандидатов у овец и коз рассматриваются гены BLG (β -лактоглобулина) и CAST (кальпастин). BLG крупного рогатого скота, овец и коз привлекает внимание исследователей благодаря выявленной ассоциации его аллельных вариантов с молочной продуктивностью и качественным составом молока [1, 2]. Установлено, что полиморфизм этого гена имеет существенные видовые и породные различия, обусловленные спецификой селекции [3–6].

genes specified. Associative genotype relation to productivity and quality of the produce obtained was analyzed. The index of genetic similarity between the goats and the sheep was at the level of 0.713, between the separate herds of the goats the index was 0.861. The ratio of genotypes in the BLG gene determined by PCR analysis in the white downy goats was S_1S_1 – 16.1%; S_1S_2 – 50.6%; S_2S_2 – 33.3%. In the Prikatun type two genotypes were identified in this gene: BB with the frequency of 59.2%, and AB – 40.8%. Two different alleles were identified in the CAST gene of sheep (M and N). The genotype MM was the predominant variant in the CAST sheep gene, whose frequency was 88%. The frequency of occurrence of animals with NN genotype was 1%, MN – 11%. It was shown that the gene equilibrium in the herds was not broken, $\chi^2 = 0.931$. It was noted that heterozygous goats (S_1S_2) by BLG gene had a higher live weight by 0.30-0.61 kg compared to other variants of BLG gene ($p < 0.05$). It was also found that lambs with genotype MM of the CAST gene had a higher live weight by 5.5 kg than MN heterozygotes ($p < 0.01$). However, this difference was not revealed in other age and sex groups of animals.

Keywords: sheep, goats, genotype, allele, polymorphism, frequency of occurrence, productivity

Методом ПЦР-ПДРФ в геноме арабских овец идентифицирован ген кальпастина и определена частота его аллелей А и Б [7]. В исследованиях [8–11] показано, что ген CAST влияет на характеристику роста и сердечную мышцу и имеет большое значение для живой массы и качества мяса. Его полиморфизм имеет существенные породные различия [12].

Для характеристики генетического разнообразия, сходства и различия стад, пород, отдельных животных успешно используются группы крови, адекватно отражающие изменения структуры генофонда в процессе селекции [13].

Привлечение генетических маркеров в дополнение к традиционным методам благодаря систематическому отбору животных с желательными генотипами позволяет повысить долю животных с высокой продуктивностью в последующих поколениях и обеспечивает повышение эффективности всей селекционной работы.

Алтайская белая пуховая порода коз, одна из лучших отечественных пуховых пород, характеризуется высокой пуховой продуктивностью – 735 г, тонина пуха в возрасте один год составляет $18,5 \pm 0,25$ мкм, у взрослых коз – $20,9 \pm 0,37$ мкм, выход козлят – 95% [14].

В республике успешно разводят прикатунский мясо-шерстный тип овец (утвержден в 2015 г.), который отличается высокой живой массой баранов-производителей (98 кг) и овцематок (62 кг). Настриг невытой шерсти составляет от баранов-производителей 3,60–4,13 кг, маток 2,46–2,85 кг, длина шерсти 13,5–16,0 и 10,0 – 13,6 см соответственно [15].

Генофонд и генотипическая структура алтайской белой пуховой породы коз и прикатунского типа овец по иммуно- и молекулярно-генетическим маркерам до настоящего времени не изучены.

Цель исследования – изучить генетические особенности овец и коз по полиморфизму генов β -лактоглобулина, кальпастина, группам крови и их связь с хозяйственно ценными признаками (шерстная продуктивность, начес пуха).

Задачи исследований:

- дать иммуногенетическую характеристику по группам крови овец и коз;
- методом ДНК-диагностики выявить полиморфизм генов β -лактоглобулина и кальпастина;
- исследовать популяционно-генетическую характеристику стад по указанным генам (частота антигенов, генотипов, аллелей, χ^2 , r);
- изучить ассоциативные связи генотипов с продуктивностью и качеством получаемой продукции.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на алтайской белой пуховой породе коз ($n = 206$) и прикатунском типе мясошерстных овец ($n = 105$).

Молекулярно-генетические и иммуногенетические исследования проведены в ла-

боратории биотехнологии СибНИПТИЖа СФНЦА РАН. Овец и коз тестировали сыворотками производства лаборатории иммуногенетики Ставропольского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. ДНК выделяли из крови, консервированной ЭДТА КЗ, с использованием набора для экстракции из клинического материала «Ампли Прайм ДНК-сорб-В» по прописи изготовителя ООО «НекстБио». ДНК-типирование овец по гену CAST проводили согласно методикам [7, 16]. Выявление полиморфизма коз по гену BLG проведено согласно описанию [17]. Амплификацию проводили в амплификаторе C1000 «BioRad». Полученные продукты амплификации генов обрабатывали эндонуклеазами рестрикции RsaI, MspI, SacII (СибЭНЗИМ, Новосибирск) согласно прописи изготовителя. Визуализацию и идентификацию генотипов определяли электрофорезом в 2%-м агарозном геле в УФ-свете.

По данным зоотехнического учета у овец учитывали живую массу, настриг шерсти; у коз – живую массу и начес пуха.

Вычисление частот аллелей и генотипов, их ошибку вычисляли по формулам [18], индекс генетического сходства по работе [19].

Статистическую обработку проводили с использованием стандартных компьютерных программ Excel по общепринятым методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Имуногенетика основана на выявлении эритроцитарных антигенов животных с использованием специфических сывороток-реагентов к одному виду животных. Овцы и козы имеют идентичные антигены на эритроцитах, благодаря этому представляется возможным идентифицировать коз овечьими сыворотками-реагентами. На основании паспортизации животных в стадах овец и коз выявлена частота антигенов, которая имеет существенные различия (см. табл. 1).

У коз встречаются все изучаемые антигены, кроме Vi, частота которого у овец составляет 62,9%. К редким антигенам коз также можно отнести Сb, определяемый у

Табл. 1. Частота антигенов групп крови прикатунского типа овец и алтайской белой пуховой породы коз, %
Table 1. Frequency of blood group antigens of the Prikatun type sheep breed and Altay white downy goat breed, %

Антиген	ООО «Михаил» (n = 105)	ООО «Кайрал» (n = 101)	Среднее по двум стадам (n = 206)	Овцы прикатунского типа (n = 105)
Aa	44,8 ± 4,85	76,2 ± 4,23	60,2 ± 3,41	44,0 ± 3,75
Ab	82,9 ± 3,67	94,1 ± 2,34	88,3 ± 2,23	52,0 ± 3,78
Bb	44,8 ± 4,85	47,5 ± 4,96	46,1 ± 3,47	94,9 ± 1,67
Bd	77,1 ± 4,10	73,3 ± 4,40	75,2 ± 3,00	94,9 ± 1,67
Be	80,9 ± 3,84	75,2 ± 4,29	78,2 ± 2,88	39,4 ± 3,69
Bi	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0	62,9 ± 3,65
Bg	45,7 ± 4,86	39,0 ± 4,85	43,2 ± 3,45	80,6 ± 2,99
Ca	57,1 ± 4,83	75,2 ± 4,29	66,0 ± 3,30	73,1 ± 3,35
Cb	0,0 ± 0,0	5,9 ± 2,34	2,9 ± 1,17	97,1 ± 1,27
Ma	97,1 ± 2,33	91,1 ± 2,83	94,2 ± 1,62	78,9 ± 3,08
Mb	64,8 ± 4,66	90,1 ± 2,97	77,2 ± 2,92	88,0 ± 2,46
R	14,3 ± 3,41	21,8 ± 4,11	18,0 ± 2,67	49,7 ± 3,78
O	0,0 ± 0,0	18,8 ± 3,88	9,2 ± 2,01	47,4 ± 3,77
Da	12,4 ± 3,21	8,9 ± 2,83	10,7 ± 2,15	44,0 ± 3,75

97,1% овец. Кроме того, имеются различия по антигенам Bb, Bd, Bg, R, O, Da, которые на 19,7–48,8% чаще встречаются у овец, чем у коз ($p < 0,001$). В то же время козы характеризуются более высокой (на 15,3–36,3%) частотой антигенов Aa, Ab, Be, Ma по сравнению с овцами ($p < 0,001$).

Антигенная структура коз двух хозяйств (ООО «Кайрал» и ООО «Михаил») имеют некоторые сходства и различия, обусловленные дрейфом генов и использованием разных козлов-производителей. В стаде ООО «Кайрал» выявлено, что частота антигенов Aa – 31,4% ($p < 0,001$), Ab – 11,2 ($p < 0,05$), Ca – 18,1 ($p < 0,01$), Mb на 25,3% выше по сравнению со стадом ООО «Михаил» ($p < 0,001$). По встречаемости остальных антигенов существенных различий не обнаружено. На основании частот антигенов вычислен индекс генетического сходства (r) между стадами коз, который находился на уровне 0,861, тогда как между овцами и козами он составил 0,713.

Ген β -лактоглобулина представляет интерес с точки зрения его ассоциативных связей с молочной продуктивностью и качественным составом молока коров. У овец и коз этот ген также рассматривают как ценный генетический маркер лактационной способ-

ности маток. Как следствие, он влияет на дальнейшее развитие признаков молочной продуктивности молодняка. Анализ полиморфизма гена β -лактоглобулина коз показывает, что половина животных является гетерозиготами по гену β -лактоглобулина, 33,3% – носители гомозиготного генотипа S_2S_2 и 16,1% – S_1S_1 (см. рис. 1). Частота аллели S_1 составляет 0,414, S_2 – 0,586.

Полиморфизм β -лактоглобулина коз Горного Алтая имеет существенные отличия от

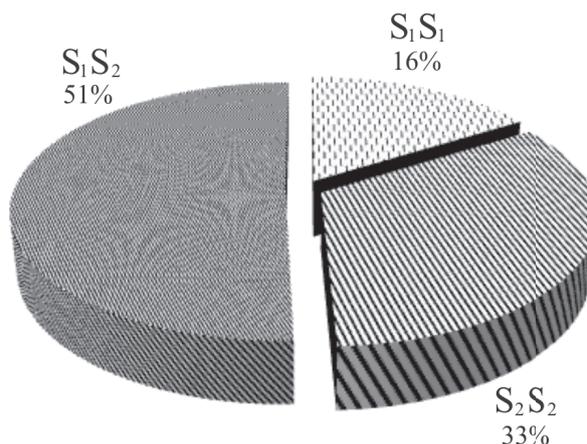


Рис. 1. Частота генотипов β -лактоглобулина алтайской белой пуховой породы коз

Fig. 1. Frequency of β -lactoglobulin genotypes in Altay white downy goat breed

коз, разводимых в Кении и Турции [17]. Так, гомозиготный генотип S_1S_1 выявлен у 16% коз Горного Алтая, что в 3 раза меньше, чем у животных в Турции, и в 4 раза меньше, чем в стадах Кении. Частота генотипа S_2S_2 у коз Алтая в сравнении с этими породами в Кении и Турции, наоборот, более высокая (на 22,3–28,3%). По данным работы [3], у коз зааненской и альпийской пород частота генотипа ВВ (S_1S_1) находится на уровне 79 и 92%, тогда как доля гетерозиготных животных по этому гену составляет 20 и 8% соответственно. При этом, по данным всех авторов, в том числе по результатам наших исследований, генное равновесие в стадах не нарушено: $\chi^2 = 0,154-0,853$.

Иное соотношение генотипов гена β -лактоглобулина определено у овец. В исследуемом поголовье прикатунского типа горноалтайской породы не выявлено генотипа АА, более половины (59,2%) животных имеют генотип ВВ, 40,8% – генотип АВ. Соответственно частота аллеля А находится на уровне 0,204, аллеля В – 0,796. Однако по данным других авторов, генотип АА гена β -лактоглобулина имеет более широкое распространение. Так, при обследовании 246 овец Chios Sheepon он выявлен у 56,9% животных, в меньшем количестве (12,8%) определен у Cyprus Fat-Tail Sheep [1].

Анализ частоты генотипов кальпастина в прикатунском типе овец показывает, что преобладающим вариантом в этом гене является генотип ММ – 87,8%, частота гомозиготного генотипа NN менее 1% (одно животное), гетерозиготы составляли 11,2% (см. рис. 2). Соответственно частота аллеля М 0,934, аллеля N – 0,066. При этом генное равновесие не нарушено: $\chi^2 = 0,931$.

По сообщению [11], каракульская порода также характеризовалась высокой частотой гомозиготного генотипа ММ (69,2%), в то время как с генотипом NN выявлено только два животных (2,2%). Частота гетерозигот находилась на уровне 28,6. Турецкие породы овец характеризовались высокой встречаемостью генотипа ММ – 46,7–92,6%, NN – 0,0–5,3, гетерозигот – 7,4–60,0 [12].

При анализе пуховой продуктивности коз с разными антигенами групп крови не выяв-

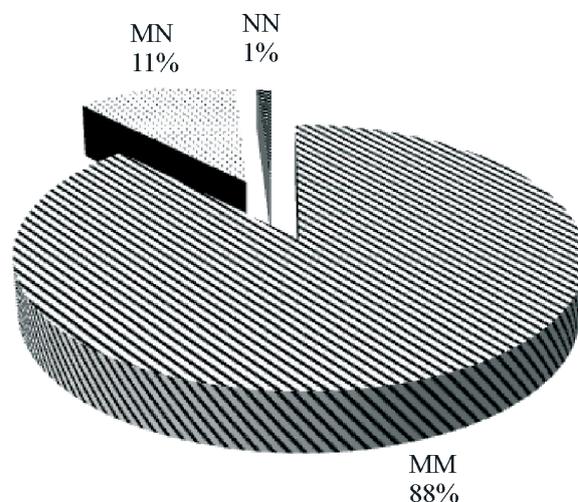


Рис. 2. Частота генотипов кальпастина у овец прикатунского типа

Fig. 2. Frequency of CAST genotypes in the Prikatun type sheep breed

лено ассоциативных связей с живой массой, начесом пуха и его длиной (см. табл. 2). Видимо, на это повлияла значительная уравненность стада по данным показателям, так как изменчивость признаков составляла менее 5%. Самый высокий начес пуха (618 г) был в группе коз с антигеном Vd, самый низкий – у коз с антигеном Vb (584 г). Разница составляет 34 г (меньше 1%).

При изучении ассоциативных связей продуктивности с генотипами гена BLG выявлено некоторое преимущество (на 0,30–0,61 кг) по живой массе гетерозиготных (S_1S_2) коз в сравнении с другими его вариантами ($p < 0,05$). Однако по начесу пуха и его длине достоверных различий не выявлено (см. табл. 3).

У овец горноалтайской породы прикатунского типа разных половозрастных групп влияния генотипов β -лактоглобулина на живую массу не выявлено (см. табл. 4). Однако по данным [9] при изучении кавказской породы овец установлено, что животные с генотипами АВ и ВС имели более высокую живую массу в сравнении с другими генотипами.

Анализ связи живой массы овец с генотипами кальпастина позволил выявить приоритетное положение генотипа ММ у молодых баранчиков (см. табл. 5). Данные

Табл. 2. Живая масса и пуховая продуктивность белых пуховых коз алтайской породы с учетом носительства групп крови

Table 2. Live weight and fine wool productivity of Altay white downy goat breed depending on the antigens in blood group

Антиген	n	Живая масса, кг	Начес пуха, г	Длина пуха, см
Ab	62	36,11 ± 0,13	613,4 ± 10,26	8,40 ± 0,050
Bb	13	35,77 ± 0,23	584,6 ± 20,71	8,38 ± 0,012
Bd	24	36,08 ± 0,18	618,8 ± 16,43	8,48 ± 0,092
Be	30	35,87 ± 0,15	601,7 ± 14,28	8,43 ± 0,082
Bi	7	35,57 ± 0,30	585,7 ± 26,08	8,36 ± 0,180
Bg	7	35,71 ± 0,28	600,0 ± 30,86	8,36 ± 0,14
Ca	27	35,78 ± 0,16	600,0 ± 13,61	8,42 ± 0,087
Ma	73	36,07 ± 0,12	612,7 ± 9,38	8,39 ± 0,045
Mb	29	36,03 ± 0,20	613,8 ± 14,66	8,38 ± 0,081
R	60	36,07 ± 0,13	612,5 ± 10,60	8,35 ± 0,051

Табл. 3. Продуктивность алтайских белых пуховых коз с разными генотипами гена β-лактоглобулина

Table 3. Productivity of Altay white downy goat breed with different genotypes of β-lactoglobulin

Показатель	Генотип		
	S ₁ S ₁	S ₁ S ₂	S ₂ S ₂
Живая масса, кг	35,69 ± 0,237	36,30 ± 0,172	36,00 ± 0,169
Начес пуха, г	576,9 ± 21,64	617,0 ± 12,53	625,9 ± 15,65
Длина пуха, см	8,46 ± 0,120	8,40 ± 0,054	8,31 ± 0,081

Табл. 4. Живая масса овец горноалтайской породы прикатунского типа с разными генотипами β-лактоглобулина, кг

Table 4. Live weight of Gorno-Altay Prikatun type sheep breed with different genotypes of β-lactoglobulin

Половозрастная группа	n	Генотип	
		AB	BB
Баранчики	8	50,0 ± 0,00	61,7 ± 6,71
Ярочки	35	39,8 ± 2,07	41,7 ± 1,72
Бараны-производители	48	82,5 ± 1,93	79,0 ± 1,47
Овцематки	5	86,0 ± 9,71	92,5 ± 5,5

Табл. 5. Живая масса овец в зависимости от носительства генотипа по гену кальпастина

Table 5. Live weight of sheep depending on the genotype in the calpastatin gene

Половозрастная группа	n	Генотип	
		MM	MN
Баранчики	6	54,5 ± 1,94	49,0 ± 1,00
Ярочки	30	38,0 ± 0,84	38,8 ± 1,96
Бараны-производители	48	80,5 ± 1,25	81,5 ± 1,50

животные с этим генотипом имели более высокую (на 5,5 кг) живую массу в сравнении с гетерозиготным генотипом ($p < 0,01$). Однако в других половозрастных группах это различие не наблюдалось.

Аналогичные результаты получены в работах [8, 9], где показано, что молодняк овец с аллелем М этого гена имеет более высокую энергию роста, увеличение мышечной массы и улучшение нежности мяса.

ВЫВОДЫ

1. Иммуногенетическим анализом установлено, что у коз встречаются все изучаемые антигены овец, кроме Vi, частота которого у овец достигает 63%. К редким антигенам коз также можно отнести Сb, определяемый у 97,1% овец. Также выявлены различия по антигенам Bb, Bd, Bg, R, O, Da, которые чаще (на 19,7–48,8%) встречаются у овец, чем у коз ($p < 0,001$). Козы характеризуются более высокой (на 15,3–36,3%) частотой антигенов Aa, Ab, Be, Ma по сравнению с овцами ($p < 0,001$). Индекс генетического сходства между стадами коз находится на уровне 0,861, между овцами и козами – 0,713.

2. Выявлены генетические особенности прикатунского типа горноалтайской породы овец по частоте генотипов гена β -лактоглобулина: BB – 59,2%, AB – 40,8%, генотип AA не определен. Преобладающим вариантом в гене кальпастатин является генотип MM (88,0%), частота гетерозиготного генотипа MN составляют 11,0%, гомозиготного NN – менее 1%. Козы алтайской белой пуховой породы характеризуются следующим соотношением генотипов гена β -лактоглобулина: S_1S_2 – 50,6; S_2S_2 – 33,3; S_1S_1 – 16,1%. Частота аллеля S_1 – 0,414; S_2 – 0,586.

3. Установлено влияние гетерозиготного генотипа (S_1S_2) гена BLG на живую массу коз, превышение составляет 0,30–0,61 кг в сравнении с другими его вариантами ($p < 0,05$). По начесу пуха и его длине различий не выявлено. Желательным генотипом кальпастатина у овец является генотип MM, баранчики с этим генотипом имеют более высокую (на 5,5 кг) живую массу в сравнении с гетерозиготным генотипом ($p < 0,01$).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Orford M., Tzamaloukas O., Miltiadou D. Diversity of the β -lactoglobulin genotypes in Cypriot sheep breeds // Journal of Dairy and veterinary sciences. 2017. Vol. 1. N3. P. 1–3. DOI: 10.19080/JDVS.2017.01.555563.
2. Фатихов А.Г., Хаертдинов Р.А., Камалдинов И.Н. Белковый состав и технологические свойства молока у зааненских коз в зависимости от их генотипа по бета-лакто-

- глобулину // Молочнохозяйственный вестник. 2017. Т. 25. Вып. 1. С. 64–69.
3. Желтова О.А., Шувариков А.С., Гладырь Е.А. Молочная продуктивность и качество молока коз с разными генотипами по гену бета-лактоглобулина // Овцы, козы, шерстяное дело. 2011. № 3. С. 80–83.
4. Elmaci C., Oner Y., Koyuncu M. Allelic Frequencies of a SacII RELP at Exon 7 of the β -lactoglobulin gene in Turkish hair Goat breed // Asian Journal of Animal and Veterinary Advances. 2009. Vol. 4. N 3. P. 130–133. DOI: 10.3923/ajava.2009.130.133
5. Lekerpes S.S., Junga J.O., Badamana M.S. et al. Genetic polymorphism of β -lactoglobulin in Kenyan small east African goat breed using PCR-RELP and sequencing // Scientific Journal of Animal Science. 2014. Vol. 3. N 8. P. 233–239. DOI:10.14196/sjas.v3i9.1658.
6. Palmer B.R., Roberts N., Hickford J.G., Bickerstaffe R. Rapid communication: PCR – ReLP for MspI and NcoI in the ovine calpastatin gene // Journal Animal Sciences. 1998. Vol. 76. N 5. P. 1499–1500. DOI: 10.2527/1998.7651499x Source: PubMed.
7. Mohammadi M., Beigi Nasiri M.T.B., Alami-Saeid Kh.H., Fayazi J., Mamoe M. and Sadr A.S. Polymorphism of calpastatin gene in Arabic sheep using PCR-RELP. African Journal of Biotechnology, 2008, vol. 15, no. 7, pp. 2682–2684.
8. Nassiry M.R., Tahmoorespour M., Javadmanesh A. et al. Calpastatin polymorphism and its association with daily gain in Kurdi sheep // Iran Journal Biotechnology. 2006. N 4. P 188–192.
9. Palmer B.R., Su HY, Roberts N. et al. Single nukltotide polymorphism in an intron of the ovine calpastatin gene // Anim Biotechnology. 2000. N 11. P. 63–67. DOI: 10.1080/10495390009525948.
10. Дейкин А.В., Селионова М.И., Криворучко А.Ю. и др. Генетические маркеры в мясном овцеводстве // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20. № 5. С. 576–583. DOI: 10.18699/VJ16.139.
11. Иовенко В.Н., Писаренко Н.Б., Скрепец К.В. Полиморфизм гена CAST у овец каракульской породы // Науковий Вісник «Аскания Нова». 2016. № 9. С. 58–64.
12. Kozet Avanus Genetic variability of CAST gene in native sheep breeds of Turkey // Kafkas Univ Vet Fak Derg. 2015. Vol. 21. N 6. P. 789–794.
13. Мурзина Т.В., Зорина И.Г. Внутривидовая дифференциация по группам крови овец за-

- байкальской породы // Овцы, козы, шерстяное дело. 2017. № 4. С. 17–19.
14. Подкорытов А.Т., Каргачакова Т.Б., Селионова М.И. и др. Белые пуховые козы на Алтае // Вестник АПК Ставрополя. 2017. Т. 125. № 1. С. 95–97. DOI: 10.9775/kvf.d.2015.13138.
 15. Подкорытов А.Т. Прикатунский мясошерстный тип овец // Достижения науки и техники АПК. 2006. № 2. С. 30–31.
 16. Широкова Н.А., Колосов Ю.А., Гетманцева Л.В. и др. Оптимизация технологии проведения ПЦР-ПДРФ для генотипирования овец // Научный журнал Кубанского ГАУ. 2015. Т. 113. № 9. С. 1473–1481.
 17. Pena R.N., Sancher A., Folch J.M. Characterization of genetic polymorphism in goat β -lactoglobulin gene // Journal of Dairy Research. 2000. Vol. 67. P. 217–224.
 18. Животовский Л.А., Сороковой П.Ф., Машуров А.М. О вычислении индексов сходства между популяциями животных по частотам генов, контролирующим полиморфные признаки // Генетика. 1973. Т. 4. С. 122–127.
 19. Серебровский А.С. Генетический анализ. М.: Наука. 1970. 342 с.
 1. Orford M., Tzamaloukas O., Miltiadou D. Diversity of the β -lactoglobulin genotypes in Cypriot sheep breeds. *Journal of Dairy and veterinary sciences*, 2017, vol.1, no. 3, pp. 1–3. DOI: 10.19080/JDVS.2017.01.555563.
 2. Fatikhov A.G., Khaertdinov R.A., Kamaldinov I.N. Belkovyi sostav i tekhnologicheskie svoistva moloka u zaanenskiikh koz v zavisimosti ot ikh genotipa po beta-laktoglobulinu [Protein composition and technological qualities of milk of Zaanensky goats depending on their genotype of β -lactoglobulin]. *Molochnokhozyaistvennyi vestnik* [Milk farm herald]. 2017, vol. 25, no. 1, pp. 64–69. (In Russian).
 3. Zheltova O.A., Shuvarikov A.S., Gladyr' E.A. Molochnaya produktivnost' i kachestvo moloka koz s raznymi genotipami po genu beta-laktoglobulina [Milk yield and milk quality of goats with different genotypes of β -lactoglobulin gene]. *Ovtsy, kozy, sherstyanoje delo* [Sheep, goats, wool business]. 2011, no. 3. pp. 80–83. (In Russian).
 4. Elmaci C., Oner Y., Koyuncu M. Allelic Frequencies of a SacII RELP at Exon 7 of the β -lactoglobulin gene in Turkish hair Goat breed. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 2009, vol. 4, no. 3, pp. 130–133. DOI: 10.3923/ajava.2009.130.133
 5. Lekerpes S.S., Junga J.O., Badamana M.S., Rubenstein D.I. Genetic polymorphism of β -lactoglobulin in Kenyan small east African goat breed using PCR-RELP and sequencing. *Scientific Journal of Animal Sciences*, 2014, vol. 3, no. 8, pp. 233–239. DOI: 10.14196/sjas.v3i9.1658.
 6. Palmer B.R., Roberts N., Hickford J.G., Bickerstaffe R. Rapid communication: PCR-REL P for MspI and NcoI in the ovine calpastatin gene. *Journal Animal Sciences*, 1998, vol. 76, no. 5, pp. 1499–1500. DOI: 10.2527/1998.7651499x Source: PubMed.
 7. Mohammadi M., Beigi Nasiri M.T.B., Alami-Saeid Kh.H., Fayazi J., Mamoe M. and Sadr A.S. Polymorphism of calpastatin gene in Arabic sheep using PCR-REL P. *African Journal of Biotechnolog*, 2008, vol. 15, no. 7, pp. 2682–2684.
 8. Nassiry M.R., Tahmoorespour M., Javadmanesh A. et al. Calpastatin polymorphism and its association with daily gain in Kurdi sheep // *Iran Journal Biotechnology*. 2006. N 4. P 188–192.
 9. Palmer B.R., Su H.Y., Roberts N., Hickford J.G.H., Bickerstaffe R. Short communication: Single nukleotide polymorphism in an intron of the ovine calpastatin gene. *Anim. Biotechnol*, 2000, no. 11, , pp. 63–67. DOI: 10.108 /10495390009525948.
 10. Deikin A.V., Selionova M.I., Krivoruchko A. Yu., Kovalenko D.V., Trukhachev V. I. Geneticheskie markery v myasnom ovtsevodstve [Genetic markers in meat sheep breeding]. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii* [Vavilov's journal of genetics and breeding]. 2016, vol. 20, no. 5, pp. 576–583. DOI: 10.18699/VJ16.139. (In Russian).
 11. Iovenko V.N., Pisarenko N.B., Skrepets K.V. Polimorfizm gena CAST u ovets karakul'skoi porody [Polymorphism of the CAST gene of Karakulsky sheep breed]. *Naukovii Vicnik «Askaniya Nova»* [Scientific Herald “Askaniya Nova”]. 2016, no. 9, pp. 58–64. (in Russian).
 12. Kozet Avanus Genetic variability of CAST gene in native sheep breeds of Turkey // *Kafkas Univ Vet Fak Derg*. 2015, vol. 21., no. 6, pp. 789–794.
 13. Murzina T.V., Zorina I.G. Vnutriporodnaya differentsiatsiya po gruppam krovi ovets

- zabaikal'skoi porody [Inbreeding differentiation by blood groups of sheep of Zabaikalsky breed]. *Ovtsy, kozy, sherstyanoie delo* [Sheep, goats, wool business]. 2017, no 4, pp. 17–19. (In Russian).
14. Podkorytov A.T., Kargachakova T.B., Selionova M.I., Podkorytov N.A. Belye pukhovye kozy na Altae [White downy goats in Altay]. *Vestnik APK Stavropol'ya* [Herald of Stavropolie AIC]. 2017, vol. 125, no. 1, pp. 95–97. (In Russian).
 15. Podkorytov A.T. Prikatunskii myasosheretnyi tip ovets [Prikatun type of meat and wool sheep]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC]. 2006, no. 2, pp. 30–31. (In Russian).
 16. Shirokova N.A., Kolosov Yu.A., Getmantseva L.V., Radyuk A.V., Bakonv N.F. Optimizatsiya tekhnologii provedeniya PTsR-PDRF dlya genotipirovaniya ovets [Optimization of PCR-PDRF technology for identifying genotype of sheep]. *Nauchnyi zhurnal Kubanskogo GAU* [Scientific journal of Kuban Agrarian University]. 2015, vol. 113, no. 9, pp. 1473–1481. (In Russian).
 17. Pena R.N., Sancher A., Folch J.M. Characterization of genetic polymorphism in goat β -lactoglobulin gene. *Journal of Dairy Research*, 2000, vol. 67, no. 2, pp. 217–224.
 18. Zhivotovskii L.A., Sorokovoi P.F., Mashurov A.M. O vychislenii indeksov skhodstva mezhdru populyatsiyami zhyvotnykh po chasotam genov, kontroliruyushchikh polimorfnye priznaki [Calculation of similarity indices between animal populations by gene frequency controlling polymorphic signs]. *Genetika* [Genetics]. 1973, no 4, pp. 122–127. (In Russian).
 19. Serebrovskii A.S. *Geneticheskii analiz* [Genetic analysis]. M.: Nauka Publ., 1970. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Гончаренко Г.М.**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук, **адрес для переписки:** 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия; e-mail: sibnptij@ngs.ru

Гришина Н.Б., кандидат биологических наук, научный сотрудник Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук

Хорошилова Т.С., младший научный сотрудник, Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук

Романчук И.В., младший научный сотрудник, Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук

Каргачакова Т.Б., старший научный сотрудник, Горноалтайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Федерального Алтайского научного центра агробιοтехнологий

✉ **Подкорытов Н.А.**, старший научный сотрудник, Горноалтайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Федерального Алтайского научного центра агробιοтехнологий; **адрес для переписки:** 649100, Республика Алтай, пос. Майма, Россия; e-mail: ganiish@mail.ru

Финансовая поддержка

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ, номер проекта 16-44-040066 «Изучение влияния эколого-географических условий на формирование генотипических особенностей жвачных животных с использованием ДНК-маркеров и определение их связи с хозяйственно ценными признаками».

Дата поступления статьи: 06.05.2018

Received by the editors 06.05.2018