

Научная статья
УДК 636.22/.28.082.13:636.082.11
doi:10.35694/YARCX.2024.65.1.012

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА CAPN1 И ВЗАИМОСВЯЗЬ С ПРОДУКТИВНЫМИ КАЧЕСТВАМИ ЖИВОТНЫХ У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

**Н. В. Чимидова¹, Л. Г. Моисейкина², А. В. Убушиева³, В. С. Убушиева⁴,
А. И. Хахлинов⁵**

^{1, 2, 3, 4, 5}Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова,
Элиста, Россия

Автор, ответственный за переписку: Надежда Васильевна Чимидова,
nadezhdatchimidova@yandex.ru, ORCID 0000-0003-3043-091X

Реферат. Цель настоящего исследования заключалась в изучении особенностей аллельного полиморфизма гена кальпаина – CAPN1 у крупного рогатого скота калмыцкой породы и определение его взаимосвязи с мясной продуктивностью. Согласно литературным данным, ген кальпаин считается ответственным за формирование «нежности» мяса. Животные с таким генотипом представляют большой интерес для селекции по повышению мясной продуктивности. На базе лаборатории молекулярной генетики РНПЦ по воспроизводству сельскохозяйственных животных ФГБОУ ВО «КалмГУ» проводились генетические исследования по ДНК-генотипированию калмыцкого скота. При анализе 50 образцов ДНК было установлено, что желательная форма аллеля гена CAPN^{CC} имела у 18% животных, 36% составляли гетерозиготные особи CAPN^{CG}, у остальных животных выявлен аллель CAPN^{GG}, равный 46%. Оценка ожидаемой гетерозиготности составила 0,46, а фактической – 0,36. Таким образом, в данной популяции калмыцкого скота наблюдается нарушение генного равновесия ввиду смещения фактического и теоретически ожидаемого количества гетерозигот. При анализе данных живой массы бычков и связанности её с генотипами установлено, что наибольшая живая масса отмечалась в группе животных с генотипом CAPN^{CC} (386 кг ± 0,47). Высока доля гетерозиготных животных с живой массой 377,1 ± 0,73 кг, от которых в дальнейшем, при правильном ведении селекционно-племенной работы, теоретически возможно получить желательные генотипы.

Ключевые слова: ДНК-тестирование, полиморфизм, мясная продуктивность, калмыцкая порода

POLYMORPHISM OF THE CAPN1 GENE AND THE RELATIONSHIP WITH THE PRODUCTIVE QUALITIES OF ANIMALS IN CATTLE

N. V. Chimidova¹, L. G. Moiseykina², A. V. Ubushieva³, V. S. Ubushieva⁴, A. I. Khakhlinov⁵
^{1, 2, 3, 4, 5}Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, Elista, Russia

Author responsible for the correspondence: Nadezhda V. Chimidova,
nadezhdatchimidova@yandex.ru, ORCID 0000-0003-3043-091X

Abstract. The purpose of this research was to study the characteristics of the allelic polymorphism of the calpain gene – CAPN1 in cattle of the Kalmyk breed and determine its relationship with meat productivity. According to literature data, the calpain gene is considered responsible for the formation of the “tenderness” of meat. Animals with this genotype are of great interest for breeding to increase meat productivity. On the basis of the laboratory of molecular genetics of the RSPC for the reproduction of farm animals of the FSBEI of HE “KalmSU,” genetic studies on DNA genotyping of Kalmyk cattle were carried out. When analyzing 50 DNA samples, it was found that 18% of animals had the desired form of the CAPN^{CC} gene allele, 36% were heterozygous CAPN^{CG} individuals, and the remaining animals had a CAPN^{GG} allele equal to 46%. The estimate for expected heterozygosity was 0.46 and the actual heterozygosity was 0.36. Thus, in this population of Kalmyk cattle there is a violation of genic balance due to a shift in the actual and theoretically expected number of heterozygotes. When analyzing the data on the live weight of bull calves and its association with genotypes, it was

found that the largest live weight was observed in the group of animals with the CAPN^{cc} genotype (386 kg ± 0.47). There is a high proportion of heterozygous animals with a live weight of 377.1 ± 0.73 kg, from which it is theoretically possible to obtain desired genotypes in the future, with proper breeding work.

Keywords: DNA testing, polymorphism, meat productivity, Kalmyk breed

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-03-2022-119/1.

Введение. В настоящее время в России стала широко применяться геномная селекция во всех видах сельскохозяйственных животных. Благодаря новейшей технологии в животноводстве повышается селекционная точность и надёжность племенной оценки [1; 2]. Существует большое количество полиморфных вариантов генов-кандидатов, и установлена их ассоциация с продуктивными признаками животных. Маркерная селекция позволяет проводить оценку частоты встречаемости желательных и нежелательных аллелей для породы или линии, целенаправленно вести селекционную работу по накоплению предпочтительных аллелей генов в стадах [3; 4]. По литературным данным, ген кальпаин (CAPN1) считается ответственным за формирование такого качественного показателя мяса крупного рогатого скота, как нежность. Нежность мяса определяется как степень жёсткости мышечных волокон. Структура гена кальпаина включает в себя 22 экзона, и его размер составляет около 30 т. н. п., он расположен на 29-й хромосоме [5; 6]. Предпочтительной гомозиготной аллельной формой, влияющей на качество мяса и определяющей его нежность, является генотип CAPN^{cc}. Выявление животных с данным генотипом представляет большой интерес для хозяйств, занимающихся селекцией по повышению мясной продуктивности мясных пород скота [7]. Развитие мясного скотоводства в Республике Калмыкия в настоящее время направлено не только на увеличение чистопородного поголовья, но и на получение высококачественного мяса. Как известно, качество продукта зависит от наследственности животных, условий кормления и содержания. Поголовье крупного рогатого скота калмыцкой породы на территории Республики Калмыкия составляет около 522 тыс. голов, согласно данным Росстата на 01.01.2022 г. На территории республики существуют 20 племенных хозяйств, специализирующихся на разведении калмыцкой породы скота. В республике создан первый региональный научно-производственный центр по воспроизводству сельскохозяйственных животных, где также ведутся исследования по особенностям организации генома крупного рогатого скота мясных пород. Качественную говядину, как хозяйственно полезный признак продуктивности, определяют такие показатели, как вкусовые качества, нежность

и мраморность мяса, запах. Целью исследований являлось изучение особенностей аллельного полиморфизма гена кальпаина – CAPN1 у крупного рогатого скота калмыцкой породы и определение его взаимосвязи с мясной продуктивностью.

Условия, материалы и методы. Объектом исследования послужил крупный рогатый скот (бычки) калмыцкой породы в возрасте 15 месяцев, разводимый в племенном репродукторе «Хошуд» Республики Калмыкия.

Обслуживание животных и экспериментальный опыт были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями Russian Regulations, 1987 (Order No.755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) и «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press Washington, D.C. 1996). При постановке экспериментальных исследований были предприняты все усилия, сокращающие к минимуму страдания животных и количество используемых образцов.

На базе лаборатории молекулярной генетики РНПЦ по воспроизводству сельскохозяйственных животных ФГБОУ ВО «КалмГУ» проводились генетические исследования по ДНК-генотипированию скота. Биологическим материалом служила цельная кровь, взятая из яремной вены в вакуумную пробирку с антикоагулянт (ЭДТА). Выделение ДНК проводилось согласно инструкции к набору реагентов «DIAAtomtm DNA Prep100».

Генотипирование проводили в режиме реального времени на программируемом амплификаторе ROTOR-GENE Q, с использованием набора реагентов для ПЦР-РВ компании «Синтол» (Россия).

Процесс амплификации гена CAPN1 проводился по следующему режиму (табл. 1).

Частоту встречаемости генотипов определяли по формуле:

$$p = n / N, \quad (1)$$

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

Частоту аллелей определяли по формуле:

$$P_A = (2n_{AA} + n_{AB}) : 2N. \quad (2)$$

$$P_B = (2n_{BB} + n_{AB}) : 2N,$$

Таблица 1 – Режим процесса амплификации гена CAPN1

Step	Temperature, °C	Time	Detection	Repeats
Hold	94	3 mins	No acquiring	1
Cycling 1	94	20 secs	No acquiring	10
	58	20 secs	No acquiring	
	61	30 secs	No acquiring	
Cycling 2	94	20 secs	No acquiring	30
	58	20 secs	No acquiring	
	61	30 secs	Acquiring on Green or Yellow	

где P_A – частота аллеля А; P_B – частота аллеля В; N – общее число аллелей.

Ожидаемая частота генотипов рассчитывалась согласно закону Харди-Вайнберга.

Статистические данные обрабатывались с помощью офисного набора программ Microsoft Office Excel.

Результаты и обсуждение. Нами проведена молекулярно-генетическая оценка 50 образцов ДНК бычков калмыцкой породы. В результате исследования выявлено наличие желательного генотипа CAPN^{CC}, который имелся у 18% животных. 36% составляли гетерозиготные особи CAPN^{CG}, у остальных животных выявлен аллель CAPN^{GG}, равный 46% (табл. 2).

Анализируя генетическую характеристику калмыцкого скота, можно отметить высокую частоту гомозиготного генотипа CAPN^{CC}, что, скорее всего, связано с гетерогенностью крупного рогатого скота калмыцкой породы. Также это может свидетельствовать и о существовании большой вероятности получения желательных генотипов у калмыцкого мясного скота.

Была изучена доля гетерозигот в популяции калмыцкого скота. Оценка ожидаемой гетерозиготности составила 0,46, а фактической – 0,36. Таким образом, в данной популяции калмыцкого скота наблюдается смещение фактической и наблюдаемой гетерозиготности, что говорит о нарушении генного равновесия. Предположительно,

Таблица 2 – Генетическая характеристика скота калмыцкой породы по гену CAPN1

Группа	n	Распределение генотипов						Распределение аллелей	
		CC		CG		GG		C	G
		n	%	n	%	n	%		
Бычки	50	9	18	18	36	23	46	0,36	0,64

это связано с искусственным отбором животных, ведением целенаправленной селекции, а также подбором родительских пар.

Наблюдение за динамикой живой массы бычков калмыцкой породы в зависимости от их генотипов показало, что средняя живая масса у бычков с желательным CAPN^{CC} генотипом составляла 386 кг

($P \geq 0,999$) (табл. 3). Животные с гетерозиготным генотипом CAPN^{CG} имели живую массу 377,1 кг ($P \geq 0,999$), а с генотипом CAPN^{GG} живая масса была 367,6 кг ($P \geq 0,999$).

При анализе данных живой массы бычков и связанности её с генотипами установлено, что наибольшая живая масса отмечалась в группе

Таблица 3 – Живая масса бычков разных генотипов

Возраст, месяцы	Генотип		
	CC (n = 9)	CG (n = 18)	GG (n = 23)
	Живая масса, кг	Живая масса, кг	Живая масса, кг
15	386±0,47	377,1±0,73	367,6±0,40

Примечание: $P \geq 0,999$.

Полиморфизм гена CAPN1 и взаимосвязь с продуктивными качествами животных у крупного рогатого скота

животных с генотипом CAPN^{CC} (386 кг), который, судя по литературным данным, ассоциирован с хозяйственно ценными признаками.

Высока доля гетерозиготных животных с живой массой 377,1 кг, от которых в дальнейшем, при правильном ведении селекционно-племенной работы в хозяйстве, теоретически возможно получить желательные генотипы.

Улучшение качества говядины является одним из основных направлений селекционно-племенной работы в мясном скотоводстве как в Республике Калмыкия, так и в России. Для решения этой задачи используется молекулярно-генетическая информация о генотипе по локусам, на которых основана маркер-ассоциированная селекция сельскохозяйственных животных [7; 8]. Отечественными и зарубежными учёными-генетиками установлены взаимодействия хозяйственно ценных признаков животных с генами-кандидатами. Известно, что полиморфизм генов-кандидатов продуктивности по таким генам, как лептин, тиреоглобулин, соматотропин, пролактин, кальпаин, на сегодняшний день являются потенциальными маркерами продуктивности сельскохозяйственных животных.

Установлено, что кальпаин является полипептидным гормоном, кодирующим геном, структура которого включает в себя 22 экзона, и его размер составляет около 30 т. н. п., он расположен на 29-й хромосоме [9]. Гомозиготные животные по этому аллелю представляют большой интерес для селекции на мясность. При изучении взаимосвязи гена CAPN1 с мясной продуктивностью у скота лимузинской и герефордской пород учёными выявлено положительное влияние на вкусовые и питательные качества мяса. Продукция таких животных за счёт высокой доли желательного аллеля С с генотипом СС имеет значительный потенциал в отношении к другим породам крупного рогатого скота [10]. При анализе образцов ДНК животных выявлены существенные различия соотношения животных разных генотипов в отдельных популяциях. Выявлено, что частота встречаемости гомозиготного генотипа CAPN^{CC} преобладает у крупного рогатого скота калмыцкой породы и выше, чем у скота казахской белоголовой породы, на 9,41%. У крупного рогатого скота каргалинской породы данный показатель также выше, чем у казахского белоголового

скота, на 7,05%. В исследованиях Е. С. Суржикова, Д. Д. Евлагина (2023) установлено, что количество эффективных аллелей по гену кальпаина преобладает у молодняка герефордской и казахской белоголовой пород (1,83 и 1,91), у скота калмыцкой породы этот показатель наименьший (1,57).

Исследование варибельности наблюдаемой гетерозиготности гена CAPN1 показало, что среди молодняка герефордской породы показатель колебался от 0,04 до 0,18–0,24 среди казахской белоголовой и калмыцкой пород. Ожидаемая варибельность гетерозиготности у молодняка калмыцкого и казахского белоголового скота была минимальной и составляла 0,292 и 0,37 соответственно, максимум варибельности наблюдался у герефордской породы – 0,8. Аллельные варианты однонуклеотидных полиморфизмов генов CAPN1 и CAST крупного рогатого скота ассоциированы с «мраморностью» и «нежностью» мяса. Методами KASP и ПЦР-РВ были исследованы SNP в гене CAPN1 (rs17872000) и гене CAST (rs109221039) у КРС мясных пород, разводимых в Республике Беларусь. Также сравнительная характеристика генетической структуры исследуемых животных из популяций скота разных мясных пород по гену CAPN1 показала, что у абердин-ангусского скота желательный аллель С, который ассоциируется с «нежностью» мяса, встречается с наибольшей частотой (34,3%), в сравнении со скотом лимузинской породы (14,3%), разница в 2,4%. Мясная порода герефорд по частоте встречаемости кальпаина была равна 13,9%, что приближенно к частоте породы герефорд. Таким образом, применение генетических маркеров в селекции скота мясного направления, как важный критерий, позволит улучшить показатели мясной продуктивности [12, 13]. В наших исследованиях, проведённых на бычках калмыцкой породы в ведущем племенном репродукторе республики, было установлено превосходство гетерозиготных особей по формированию мясной продуктивности с учётом полиморфизмов гена кальпаина CAPN1.

Выводы. Таким образом, полученные результаты подтверждают значимое применение генетических маркеров в селекции скота, которые направлены на повышение мясной продуктивности и улучшение мясных качеств говядины.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гаджиев З. К., Суржикова Е. С., Михайленко Т. Н. [и др.] Изучение и проведение ДНК-тестирования сельскохозяйственных животных по генам, определяющим продуктивные качества: метод. рекомендации. Ставрополь : Общество с ограниченной ответственностью фирма «Ставрополь-сервис-школа», 2022. 78 с. ISBN 978-5-6048650-3-3.
2. Колпаков В. И. Влияние некоторых полиморфных генов на мясную продуктивность и качество мяса у крупного рогатого скота (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103, № 4. DOI 10.33284/2658-3135-103-4-47.

3. Kostuziak P., Slosarz J., Golebiewski M. [et al.] Polymorphism of Genes and Their Impact on Beef Quality // *Current Issues in Molecular Biology*. 2023. Vol. 45, Is. 6. P. 4749–4762. doi:10.3390/cimb45060302.
4. Koo Y., Alkholder H., Choi T.-J. [et al.] Genomic evaluation of carcass traits of Korean beef cattle Hanwoo using a single-step marker effect model // *Journal of Animal Science*. 2023. Vol. 101. P. 1–8. DOI 10.1093/jas/skad104.
5. Kang N., Panzone L., Kuznesof S. The role of cooking in consumers' quality formation: An exploratory study of beef steaks // *Meat Science*. 2022. Vol. P. 108730. doi:10.1016/j.meatsci.2021.108730.
6. Liu S., Gao Y., Canela-Xandri O. [et al.] A multi-tissue atlas of regulatory variants in cattle // *Nature genetics*. 2022. Vol. 54. P. 1438–1447. doi:10.1038/s41588-022-01153-5.
7. Magalhaes D. R., Maza M. T., Prado I. N. d. [et al.] An Exploratory Study of the Purchase and Consumption of Beef: Geographical and Cultural Differences between Spain and Brazil // *Foods*. 2022. Vol. 11 (1):129. doi:10.3390/foods11010129.
8. Романишко Е. Л., Киреева А. И., Михайлова М. Е. [и др.] Исследование полиморфизма С316G в гене кальпаина (CAPN1) крупного рогатого скота, ассоциированного с органолептическим качеством мяса // *Генетика и биотехнология XXI века: проблемы, достижения, перспективы : материалы IV Международ. науч. конф. к 55-летию основания Института генетики и цитологии НАН Беларуси. Минск, 2020. С. 99. ISBN 978-985-90526-3-7.*
9. Романишко Е. Л., Киреева А. И., Михайлова М. Е. [и др.] Исследование полиморфизма rs17872000 в генах кальпаина (CAPN1) и rs109221039 кальпастатина (CAST) у крупного рогатого скота мясного направления продуктивности // *Молекулярная и прикладная генетика*. 2022. Т. 32. С. 88–96. DOI 10.47612/1999-9127-2022-32-88-96.
10. Polymorphism of the CAPN1 and GH genes and its relationship with the productivity of cattle of the Kazakh white-headed breed Selionova M. I., Plakhtyukova V. R. // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International Scientific and Practical Conference Biotechnology in the Agro-Industrial Complex and Sustainable Environmental Management"*. 2020. Vol. 613 (1). P. 012131. DOI 10.1088/1755-1315/613/1/012131.
11. Сурундаева Л. Г. Аллельный полиморфизм гена тиреоглобулина у крупного рогатого скота мясных пород // *Вестник мясного скотоводства*. 2016. № 3 (95). С. 47–53. EDN WVPGEL.
12. Whitton C., Bogueva D., Marinova D. [et al.] Are We Approaching Peak Meat Consumption? Analysis of Meat Consumption from 2000 to 2019 in 35 Countries and Its Relationship to Gross Domestic Product // *Animals*. 2021. Vol. 11 (12). P. 3466. doi:10.3390/ani11123466.
13. Ma J., Fan A.-P., Wang W.-S. [et al.] Analysis of genetic diversity and genetic structure of Qinchuan cattle conservation population using whole-genome resequencing // *Theriogenology*. 2023. Vol. 208. P. 185–193. DOI 10.16288/j.ycz.23-115.

References

1. Gadzhiev Z. K., Surzhikova E. S., Mikhajlenko T. N. [i dr.] *Izuchenie i provedenie DNK-testirovaniya sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh po genam, opredelyayushchim produktivnye kachestva: metod. rekomendacii. Stavropol' : Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu firma «Stavropol'-servis-shkola», 2022. 78 s. ISBN 978-5-6048650-3-3.*
2. Kolpakov V. I. Vliyanie nekotoryh polimorfnyh genov na myasnuyu produktivnost' i kachestvo myasa u krupnogo rogatogo skota (obzor) // *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*. 2020. Т. 103, № 4. DOI 10.33284/2658-3135-103-4-47.
3. Kostuziak P., Slosarz J., Golebiewski M. [et al.] Polymorphism of Genes and Their Impact on Beef Quality // *Current Issues in Molecular Biology*. 2023. Vol. 45, Is. 6. P. 4749–4762. doi: 10.3390/cimb45060302.
4. Koo Y., Alkholder H., Choi T.-J. [et al.] Genomic evaluation of carcass traits of Korean beef cattle Hanwoo using a single-step marker effect model // *Journal of Animal Science*. 2023. Vol. 101. P. 1–8. DOI 10.1093/jas/skad104.
5. Kang N., Panzone L., Kuznesof S. The role of cooking in consumers' quality formation: An exploratory study of beef steaks // *Meat Science*. 2022. Vol. P. 108730. doi:10.1016/j.meatsci.2021.108730.
6. Liu S., Gao Y., Canela-Xandri O. [et al.] A multi-tissue atlas of regulatory variants in cattle // *Nature genetics*. 2022. Vol. 54. P. 1438–1447. doi:10.1038/s41588-022-01153-5.
7. Magalhaes D. R., Maza M. T., Prado I. N. d. [et al.] An Exploratory Study of the Purchase and Consumption of Beef: Geographical and Cultural Differences between Spain and Brazil // *Foods*. 2022. Vol. 11 (1):129. doi:10.3390/foods11010129.
8. Romanishko E. L., Kireeva A. I., Mikhajlova M. E. [i dr.] *Issledovanie polimorfizma S316G v gene kal'paina (CAPN1) krupnogo rogatogo skota, associirovannogo s organolepticheskim kachestvom myasa // Genetika i biotekhnologiya XXI veka: problemy, dostizheniya, perspektivy : materialy IV Mezhdunarod. nauch. konf. k 55-letiyu osnovaniya Instituta genetiki i citologii NAN Belarusi. Minsk, 2020. S. 99. ISBN 978-985-90526-3-7.*
9. Romanishko E. L., Kireeva A. I., Mikhajlova M. E. [i dr.] *Issledovanie polimorfizma rs17872000 v genah kal'paina*

(CAPN1) i rs109221039 kal'pastatina (CAST) u krupnogo rogatogo skota myasnogo napravleniya produktivnosti // Molekulyarnaya i prikladnaya genetika. 2022. T. 32. S. 88–96. DOI 10.47612/1999-9127-2022-32-88-96.

10. Polymorphism of the CAPN1 and GH genes and its relationship with the productivity of cattle of the Kazakh white-headed breed Selionova M. I., Plakhtyukova V. R. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International Scientific and Practical Conference Biotechnology in the Agro-Industrial Complex and Sustainable Environmental Management". 2020. Vol. 613 (1). P. 012131. DOI 10.1088/1755-1315/613/1/012131.

11. Surundaeva L. G. Allel'nyj polimorfizm gena tireoglobulina u krupnogo rogatogo skota myasnyh porod // Vestnik myasnogo skotovodstva. 2016. № 3 (95). S. 47–53. EDN WVPGEL.

12. Whitton C., Bogueva D., Marinova D. [et al.] Are We Approaching Peak Meat Consumption? Analysis of Meat Consumption from 2000 to 2019 in 35 Countries and Its Relationship to Gross Domestic Product // Animals. 2021. Vol. 11 (12). P. 3466. doi:10.3390/ani11123466.

13. Ma J., Fan A.-P., Wang W.-S. [et al.] Analysis of genetic diversity and genetic structure of Qinchuan cattle conservation population using whole-genome resequencing // Theriogenology. 2023. Vol. 208. P. 185–193. DOI 10.16288/j.ycz.23-115.

Сведения об авторах

Надежда Васильевна Чимидова – кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологии и животноводства, научный сотрудник РНПЦ по воспроизводству сельскохозяйственных животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова», spin-код: 3221-7432.

Людмила Гучаевна Моисейкина – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры биотехнологии и животноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова», spin-код: 2722-8980.

Алтана Вадимовна Убушиева – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры биотехнологии и животноводства, научный сотрудник РНПЦ по воспроизводству сельскохозяйственных животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова», spin-код: 7219-0185.

Виктория Саналовна Убушиева – ассистент кафедры биотехнологии и животноводства, научный сотрудник РНПЦ по воспроизводству сельскохозяйственных животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова», spin-код: 1991-8614.

Арсланг Иванович Хахлинов – директор РНПЦ по воспроизводству сельскохозяйственных животных, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова», spin-код: 9568-5977.

Information about the authors

Nadezhda V. Chimidova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biotechnology and Animal Husbandry, Researcher at the Republican Scientific and Practical Center for the Reproduction of Farm Animals, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov", spin-code: 3221-7432.

Lyudmila G. Moiseykina – Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Professor of the Department of Biotechnology and Animal Husbandry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov", spin-code: 2722-8980.

Altana V. Ubushieva – Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer of the Department of Biotechnology and Animal Husbandry, Researcher at the Republican Scientific and Practical Center for the Reproduction of Farm Animals, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov", spin-code: 7219-0185.

Viktoriya S. Ubushieva – assistant of the Department of Biotechnology and Animal Husbandry, Researcher at the Republican Scientific and Practical Center for the Reproduction of Farm Animals, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov", spin-code: 1991-8614.

Arslang I. Khakhlinov – Director of the Republican Scientific and Practical Center for the Reproduction of Farm Animals, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov", spin-code: 9568-5977.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.