

РАЗВЕДЕНИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, ГЕНЕТИКА / BREEDING, SELECTION, GENETICS

Научная статья / Scientific paper

УДК 636.39.034

DOI: 10.26897/2074-0840-2024-4-3-7

МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОЗ АЛЬПИЙСКОЙ И НУБИЙСКОЙ ПОРОД РАЗНЫХ ГЕНОТИПОВ ПО AS1-КАЗЕИНУ И AS2-КАЗЕИНУ

М.И. СЕЛИОНОВА✉, К.А. БЕЛОМЕСТНОВ, М.Ю. ГЛАДКИХ, М.А. ГЛУЩЕНКО

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
г. Москва, Российская Федерация; ✉ m_selin@mail.ru

MILK PRODUCTIVITY OF GOATS OF ALPINE AND NUBIAN BREEDS OF DIFFERENT GENOTYPES FOR AS1-CASEIN AND AS2-CASEIN

M.I. SELIONOVA✉, K.A. BELOMESTNOV, M.YU. GLADKIKH, M.A. GLUSHENKO

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy
named after K.A. Timiryazev; Moscow, Russian Federation; ✉ m_selin@mail.ru

Аннотация. В исследовании проведен анализ генетической структуры российского поголовья коз альпийской и нубийской пород коз по локусам CSN1S1 (аллели B1, B2, B3, B4, C) и CSN1S2 (аллели A и B). Выявлено, что наибольшей частотой встречаемости в локусе CSN1S1 в альпийской породе представлены козы с генотипом B1, B3, а в нубийской – с генотипом CC, а в локусе CSN1S2 для обеих пород – с генотипом AA. Не выявлено достоверных различий между животными разных генотипов по локусу CSN1S1 ни в альпийской, ни в нубийской породе, в то же время установлено, что животные генотипа AA в локусе CSN1S2 достоверно превосходят коз других генотипов по среднему содержанию казеина (для обеих пород) и среднему содержанию белка (в альпийской породе). Предпочтительным генотипом для отбора животных на повышение сыропригодности молока и его гипоаллергенных качеств является CSN1S1^{CC}/CSN1S2^{AA}.

Ключевые слова: нубийские козы, альпийские козы, козье молоко, состав молока, фенотипические признаки, казеин

Summary. The study analyzed the genetic structure of the Russian goat population of Alpine and Nubian goat breeds by loci CSN1S1 (alleles B1, B2, B3, B4, C) and CSN1S2 (alleles A and B). It was revealed that the highest frequency of occurrence in the CSN1S1 locus in the Alpine breed is represented by goats with the B1, B3 genotype, and in the Nubian – with the CC genotype, and in the CSN1S2 locus for both breeds – with the AA genotype. There were no significant differences between animals of different genotypes at the CSN1S1 locus in either the Alpine or Nubian breeds, at the same time, it was found that animals of the AA genotype at the CSN1S2 locus significantly surpass goats of other genotypes in terms of average casein content (for both breeds) and average protein content (in the Alpine breed). The preferred genotype for the selection of animals to increase the cheese suitability of milk and its hypoallergenic qualities is CSN1S1^{CC}/CSN1S2^{AA}.

Keywords: nubian goats, alpine goats, goat's milk, milk composition, phenotypic traits, casein

Введение. Молочное козоводство в России в последние годы характеризуется устойчивым ростом по числу хозяйств и поголовью коз молочно-го направления продуктивности, будучи востребованным и перспективным сектором агробизнеса. С одной стороны, козье молоко и молочные продукты являются ценным источником питательных веществ, таких как белок, кальций, витамины и минералы, при этом обладая более высокой переносимостью в сравнении с коровьим молоком [3]. С другой стороны, процветающее молочное козоводство вносит существенный вклад в сельское хозяйство, способствуя развитию сельских территорий и созданию рабочих мест.

Одними из самых популярных и распространенных в России, кроме зааненской породы, являются альпийская и нубийская породы. Альпийская порода известна своей силой и выносливостью, а также превосходными молочными качествами. Нубийская порода привлекает козоводов своими крупными размерами и высоким содержанием жира в молоке.

Важным фактором, влияющим на продуктивность коз, является наличие в их организме различных генетических вариантов казеина – основного белка молока. У коз, как и у других млекопитающих, встречаются четыре эволюционно консервативных гена казеина [7]. Генами, кодирующими альфа-S1-, бета-, альфа-S2- и каппа-казеины, являются CSN1S1, CSN2, CSN1S2 и CSN3 соответственно [5]. Последние исследования показывают, что αS1-казеин и αS2-казеин играют важную роль в молочной продуктивности коз, определяя качественные характеристики их молока [1]. Значительные различия в частоте встречаемости определенных вариантов казеина у различных пород коз разных регионов происхождения и разведения

может быть объяснена конкретными целями разведения в отношении предпочтительных особенностей систем производства и переработки молока, специфических свойств для питания и здоровья человека, а также адаптацией к уникальным особенностям окружающей среде [4].

В данной статье представлены результаты исследования полиморфизма генов *CASN1S1* и *CASN2S2* в российском поголовье коз альпийской и нубийской пород и характеристике их молочной продуктивности в зависимости от генотипа по данным локусам.

Материал и методика. Объектом исследования являлись 124 козы альпийской породы (КФХ «Былинкино», г.о. Луховицы, Московская обл.) и 97 коз нубийской породы (КФХ «Ляшенко С.Н.», г.о. Пушкинский, Московская обл.). Генотипирование проводилось в генетической лаборатории ЦКП «Сервисная лаборатория комплексного анализа химических соединений» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. ДНК выделяли из образцов крови с использованием набора ExtractDNABlood&Cells («Евроген», Москва) в соответствии с протоколом производителя. Для генотипирования были выбраны аллели *CSN1S1* B1, B2, B3, B4, C и *CSN1S2* A и B, сопряженные с образованием белков $\alpha s1$ -казеина и $\alpha s2$ -казеина соответственно. Амплификацию осуществляли на приборе CFX96 (BioRad, США) в объеме 20 мкл, включающем 10 мкл 10x ПЦР-буфера, 1 мкл $MgCl_2$ («Синтол», Москва), 0,2 мкл SynTaq-ДНК-полимеразы 5 Е/Мкл («Синтол», Москва), 2 мкл смеси dNTP (2,5 мМ), 5,6 мкл бидистиллированной воды и 1,2 мкл ДНК. Для генотипирования по аллелям B1, B2, B3, C применялся единый протокол амплификации: начальная денатурация 97°C – 2 мин, 31 цикл (94°C – 45 с, отжиг 55°C – 45 с, элонгация 72°C – 45 с), финальная элонгация 72°C – 10 мин. Для идентификации нуклеотидной замены G→A в 139 позиции экзона 17, которая отличает аллель B4 от B3, был подобран отдельный протокол амплификации: начальная денатурация 97°C – 2 мин, 29 циклов (94°C – 45 с, отжиг 55,8°C – 45 с, элонгация 72°C – 90 с + 4 с к каждому циклу), финальная элонгация 72°C – 10 мин.

Участок гена *CSN1S2*, охватывающий область в 300-400 нуклеотидов экзонов 5 и 7' был амплифицирован с использованием набора прямых (5'GCCATTCATCCAGAAAG3') и обратных (5'CTCTTCATTTGCGTTCCTTA3') праймеров. Амплификацию осуществляли на приборе CFX96 (BioRad, США) в объеме 20 мкл, включающем 10 мкл 10x ПЦР-буфера, 1 мкл mM $MgCl_2$ («Синтол», г. Москва), 0,2 мкл SynTaq-ДНК-полимеразы 5 Е/Мкл («Синтол», г. Москва), 2 мкл смеси dNTP (2,5мМ), 5,6 мкл бидистиллированной воды и 1,2 мкл ДНК. Температурно-временные параметры амплификации: начальная денатурация 95°C – 5 мин, 40 циклов (95°C – 20 с, отжиг 62°C – 20 с, элонгация 72°C – 30 с), финальная элонгация 72°C – 5 мин.

Результаты анализировали с использованием технологии HRM-анализа (High Resolution Melts, HRM), основанного на определении различий в кривых плавления (диссоциации ДНК) после проведения ПЦР-РВ с помощью специального программного обеспечения Precision Melt Analysis™ software.

Анализ компонентов молока: массовая доля жира (МДЖ), белка (МДБ, общий), лактозы, казеина, мононенасыщенных жирных кислот (ЖК), полиненасыщенных ЖК, насыщенных ЖК, количество соматических клеток, дифференциальное количество соматических клеток (лимфоциты и полиморфноядерные нейтрофилы), проводился в ФИЦ животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста на базе ОНИС БиоТехЖ с использованием мультипараметрического автоматического анализатора молока CombiFoss 7 DC («FOSS», Дания). Пробы молока отбирались индивидуально и консервировались с использованием таблеток Broad Spectrum Microtabs II («Bentley Instruments», США) в период проведения контрольных доек в течении 3 мес. Удой за 305 дней лактации определялся по результатам контрольных доек. В изученной выборке коз животные 1, 2, 3 и старше лактаций были представлены в равной доле.

Достоверность разности по показателям продуктивности коз разных генотипов устанавливали с использованием критерия Стьюдента.

Результаты исследований и их обсуждение. Из 15 возможных генотипов по гену *CSN1S1* у альпийских коз выявлено 14, у коз нубийской породы – 13. В нубийской породе наибольшей частотой характеризовался генотип CC, который был выявлен у 41,0% особей, тогда как в альпийской породе он не обнаружен. В альпийской породе с наибольшей частотой встречался генотип B1B3 – на уровне 30,0%, который значительно реже регистрировался у нубийских коз. Генотипы B1B2, B2B3, CB1 встречались с близкой частотой – от 3,0 до 7,0%, а генотип B4B4 от 10,0 до 13,0% в изученных породах.

В локусе *CSN1S2* генотип AB встречался в альпийской и нубийской породе с частотой 0,14 и 0,21 соответственно. Наибольшие различия отмечены в генотипе BB, который встречался с частотой 0,27 в альпийской породе и не встречался в нубийской породе (табл. 1).

Анализ частот аллелей выявил как внутри-, так и межпородную специфичность полиморфизма в генах *CSN1S1* и *CSN1S2*, обусловленную различной частотой встречаемости аллелей и генотипов.

В локусе *CSN1S1* наиболее выраженное межпородное различие отмечено в частоте встречаемости аллеля C. Так, у коз нубийской породы частота его встречаемости достигала 0,451, что в 5,3 раза выше, чем среди животных альпийской породы. Меньшие различия выявлены в распределении частот аллелей B3, B2 и B1. Так, частота встречаемости аллеля *CSN1S1*^{B3} была наибольшей – 0,264 у коз альпийской

породы и в два раза ниже у нубийских коз – 0,122. Аллель *CSN1S1*^{B2} со сходной частотой выявлялся у животных альпийской и нубийской пород – 0,123 и 0,093. В отношении аллеля *CSN1S1*^{B1} выявлена невысокая частота у нубийской (0,110), тогда как у альпийской породы этот аллель выявлялся с частотой 0,264. Не выявлены различия в частоте аллеля *CSN1S1*^{B4}, который встречался у животных всех исследованных пород (от 0,22 до 0,26). Что касается локуса гена *CSN1S2*, то в обеих породах частота встречаемости аллеля *CSN1S2*^A была выше аллеля *CSN1S2*^B.

Анализ молочной продуктивности коз разных генотипов по высокополиморфному гену *CSN1S1* показал, что ни у одной из пород не удалось установить достоверное превосходство животных одного генотипа над другими. Это совпадает с результатами других ученых, которые показали, что носители аллелей локуса *CSN1S1* B1, B2, B3, B4, C характеризуются примерно одинаковой выраженностью признаков молочной продуктивности [2].

Сравнение показателей молочной продуктивности коз разных пород и разных генотипов по гену *CSN1S2* позволило установить, что в альпийской породе выделялись козы гетерозиготного генотипа *CSN1S2*^{AB}, которые достоверно ($p < 0,001$) превосходили по удою животных гомозиготных генотипов (табл. 2). При этом особи генотипа *CSN1S2*^{AA} показывали достоверное превосходство по удою над козами генотипа *CSN1S2*^{BB} ($p < 0,001$).

Если рассматривать качественный состав молока, то животные с генотипом *CSN1S2*^{AA} достоверно превосходили коз генотипа *CSN1S2*^{BB} как по массовой доле общего белка в молоке ($p < 0,001$), так и по уровню казеина ($p < 0,05$). Кроме этого, по уровню казеина козы с генотипом *CSN1S2*^{BB} уступали козам с генотипом *CSN1S2*^{AB}. По содержанию насыщенных и ненасыщенных жирных кислот молока достоверной разности между животными альпийской породы разных генотипов не выявлено. У коз нубийской породы достоверная разность (при $p < 0,05$) обнаружена только для содержания казеина у животных *CSN1S2*^{AA} и *CSN1S2*^{AB}, где первые отличались превосходством.

Следующим этапом нашей работы было сравнение показателей молочной продуктивности коз с разным сочетанием аллелей по генам *CSN1S1* и *CSN1S2*. В качестве желательного комплексного генотипа мы рассматривали коз нубийской породы с генотипом *CSN1S1*^{CC}/*CSN1S2*^{AA}. Выбор генотипа *CSN1S1*^{CC} обусловлен тем, что, несмотря на то что козы этого генотипа не отличались от коз других генотипов по признакам молочной продуктивности, но, как показывают недавние исследования,

Таблица 1. Частоты генотипов по генам *CSN1S1* и *CSN1S2* у коз альпийской и нубийской пород

Table 1. Genotype frequencies for the *CSN1S1* and *CSN1S2* genes in Alpine and Nubian breeds

Генотипы	Породы		Генотипы	Породы	
	Альпийская	Нубийская		Альпийская	Нубийская
локус <i>CSN1S1</i>			локус <i>CSN1S1</i>		
(B1, B1)	0,01	-	(B3, B4)	0,15	0,06
(B1, B2)	0,04	0,05	(B3, C)	0,04	0,02
(B1, B3)	0,30	0,09	(B4, B4)	0,10	0,13
(B1, B4)	0,12	0,04	(B4, C)	0,03	0,02
(B1, C)	0,07	0,04	(C, C)	-	0,41
(B2, B2)	0,06	-	локус <i>CSN1S2</i>		
(B2, B3)	0,03	0,04	AA	0,59	0,79
(B2, B4)	0,02	0,05	AB	0,14	0,21
(B2, C)	0,02	0,03	BB	0,27	-
(B3, B3)	0,01	0,01			

Таблица 2. Молочная продуктивность коз разных генотипов по гену *CSN1S2*

Table 2. Milk productivity traits of goats of different *CSN1S2* genotypes

Генотип	<i>CSN1S2</i> ^{AA}	<i>CSN1S2</i> ^{AB}	<i>CSN1S2</i> ^{BB}
Альпийская порода			
N, гол.	73	17	34
Удой, кг	689,0*** ² ±2,0	708,0*** ^{1,3} ±4,0	632 ±3,0
МДЖ, %	3,90±0,09	3,76±0,18	3,92±0,14
Мононенасыщенные ЖК, %	1,12±0,03	1,05±0,05	1,12±0,04
Полиненасыщенные ЖК, %	0,15±0,01	0,14±0,01	0,15±0,01
Насыщенные ЖК, %	2,56±0,07	2,43±0,15	2,60±0,13
МДБ (общий), %	3,09*** ¹ ±0,05	2,75 ±0,22	2,92±0,11
Казеин, %	2,34* ¹ ±0,04	2,23* ³ ±0,04	2,10±0,06
Нубийская порода			
N, гол.	73	24	-
Удой, кг	567±3	568,02±4	-
МДЖ, %	4,13±0,07	4,23±0,11	-
Мононенасыщенные ЖК, %	1,92±0,04	1,81±0,07	-
Полиненасыщенные ЖК, %	0,24±0,01	0,23±0,01	-
Насыщенные ЖК, %	4,35±0,03	4,44±0,05	-
МДБ (общий), %	3,49±0,07	3,40±0,12	-
Казеин, %	4,51* ¹ ±0,08	4,43±0,07	-

Примечание: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ при сравнении генотипов ¹*CSN1S2*^{AA} с *CSN1S2*^{AB}; ²*CSN1S2*^{AA} с *CSN1S2*^{BB}; ³*CSN1S2*^{AB} с *CSN1S2*^{BB}

именно животные с генотипом CC в локусе *CSN1S1* отличаются наилучшими гипоаллергенными свойствами молока [6]. Выбор генотипа *CSN1S2^{AA}* определяется тем, что именно козы этого генотипа превосходили в среднем коз других генотипов по ряду показателей молочной продуктивности. Коз альпийской породы включить в анализ не представлялось возможным, поскольку в этой породе отсутствовали животные с генотипом *CSN1S1^{CC}*.

В таблице 3 представлены данные о молочной продуктивности коз нубийской породы желательного генотипа *CSN1S1^{CC}/CSN1S2^{AA}* по сравнению с козами, гомозиготными по AA в локусе *CSN1S2*, но имеющие другие генотипы в локусе *CSN1S1*.

Таблица 3. Молочная продуктивность коз нубийской породы разных генотипов по комплексному генотипу *CSN1S1* и *CSN1S2*

Table 3. Milk productivity of Nubian goats of different genotypes according to the complex genotype *CSN1S1* and *CSN1S2*

Признаки	Генотипы		
	<i>CSN1S1^{B1C}/CSN1S2^{AA}</i> n = 4	<i>CSN1S1^{B2C}/CSN1S2^{AA}</i> n = 4	<i>CSN1S1^{CC}/CSN1S2^{AA}</i> n = 31
Удой, кг	566,0±13,0	548,0±1,0	570,0±4,0
МДЖ, %	4,04±0,45	3,99±0,31	4,12±0,12
МДБ (общий), %	3,46±0,08	3,42±0,12	3,75* ^{1,2} ±0,11
Казеин, %	4,07±0,05	4,24±0,08	4,51** ^{1,2} ±0,05
Мононенасыщенные ЖК, %	1,80±0,26	2,04±0,11	1,91±0,06
Полиненасыщенные ЖК, %	0,26±0,02	0,23±0,02	0,24±0,01
Насыщенные ЖК, %	4,28±0,05	4,43±0,22	4,59** ¹ ±0,03

Примечание: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ при сравнении генотипов ¹ *CSN1S1^{B1C}/CSN1S2^{AA}* с *CSN1S1^{CC}/CSN1S2^{AA}*; ² *CSN1S1^{B2C}/CSN1S2^{AA}* с *CSN1S1^{B2C}/CSN1S2^{AA}*

Прежде всего отметим, что в нубийской породе наибольшая доля животных (32%), представлена козами желательного генотипа *CSN1S1^{CC}/CSN1S2^{AA}*. Доля коз, гомозиготных по аллелю А в локусе *CSN1S1* и гетерозиготных по аллелю С в локусе *CSN1S2*, не превышает 3-4%. Поэтому для сравнения представлены данные о козах именно этих локусов, где число животных не менее 4 голов.

Достоверных различий по средней величине удоя между группами коз разных комплексных генотипов не установлено, также, как и по средним значениям массовой доли жира в молоке, доли мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот.

Показано, что козы генотипа *CSN1S1^{CC}/CSN1S2^{AA}* характеризуются достоверно большим средним содержанием белка в молоке, и, что представляется важным, средним содержанием казеина. Также они превосходят животных из групп других комплексных генотипов по среднему содержанию насыщенных жирных кислот. Как известно, отбор животных

на увеличение удоя часто приводит к снижению содержания жирных кислот в молоке. Напротив, отбор, направленный на увеличение жирномолочности молока, приводит к увеличению доли насыщенных жирных кислот, которые характеризуются достаточным уровнем наследуемости. Селекция на более высокий надой снижает долю большинства жирных кислот, прежде всего синтезируемых самим организмом, в то время как селекция на большую жирность молока повышает долю насыщенных, коротко- и среднецепочных жирных кислот. Именно эти процессы отражает генетическая структура популяции коз нубийской породы, где при меньшем, по сравнению с козами альпийской породы, среднем удое, преобладают животные, характеризующиеся высоким

содержанием жира в молоке, и насыщенных жирных кислот, в частности. Однако, необходимо помнить, что с точки зрения питательной ценности молока, следует уделять внимание сохранению общей жирности молока, но не давать снижаться доле (и даже повышать) ненасыщенных жирных кислот, обладающих более высокой питательной ценностью для людей [9].

Заключение. Обобщая полученные данные, можно сделать предположение о том, что в нубийской породе следует вести отбор на получение коз желательного генотипа *CSN1S1^{CC}/CSN1S2^{AA}* и генотипов *CSN1S1^C/CSN1S2^{AA}*, молоко которых достоверно отличается высоким содержанием общего белка, казеина и содержанием жира и жирных кислот, что является предпочтительным для его дальнейшей переработки и производства сыров. Среди коз альпийской породы предпочтительными являются животные с генотипом *CSN1S2^{AA}*, которые также характеризуются большим содержанием общего белка и казеина по сравнению с козами других генотипов. Однако среди коз этой породы не обнаружено животных с ценным генотипом CC в локусе *CSN1S1*, на получение которых также необходимо обратить внимание при составлении планов племенной работы.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Работа выполнена по теме «Улучшение генетического потенциала и поиск генов-кандидатов, ассоциированных с мясной и молочной продуктивностью мелкого рогатого скота» по заказу МСХ РФ.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no conflict of interest. The work was carried out on the topic “Improvement of genetic potential and search for candidate genes associated with meat and milk productivity of small ruminants” commissioned by the Ministry of Agriculture of the Russian Federation.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Bhat M.Y., Dar T.A. and Laishram Rajendrakumar Singh S.K. "Casein proteins: Structural and functional aspects," in Milk proteins • Editor I. Gigli • London, UK: *In-techOpen*, 2016. 296 p.
2. Cosenza Gianfranco, Pauciuolo Alfredo, Gallo D., Colimoro L., D'Avino A., Mancusi Andrea, Ramunno Luigi. Genotyping at the α CSN1S1 locus by PCR-RFLP and AS-PCR in a Neapolitan goat population • *Small Ruminant Research*, 2008. 74. 84-90. 10.1016/j.smallrumres.2007.03.010.
3. Ghosh D., Das S., Bagchi D., Smarta R.B. Innovation in healthy and functional foods • Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2016
4. Le Parc A., Leonil J., Chantat E. (). AlphaS1-casein, which is essential for efficient ER-to-Golgi casein transport, is also present in a tightly membrane-associated form • *BMC Cell. Biol.*, 2010. 11, 65. doi:10.1186/1471-2121-11-65Thomas et al.
5. McMahon D.J., Brown R.J. Composition, structure, and integrity of casein micelles: A review • *J. Dairy Sci.*, 1984. 67. 499-512. doi:10.3168/jds.S0022-0302(84)81332-6
6. Mestawet T.A., Girma A., Adnøy T., Devold T.G., Vegarud G.E. Newly identified mutations at the CSN1S1 gene in Ethiopian goats affect casein content and coagulation properties of their milk • *Journal of dairy science*, 2013.96(8).4857-4869.https://doi.org/10.3168/jds.2012-6467
7. Rahmatalla S.A., Arends D., Brockmann G.A. () Review: Genetic and protein variants of milk caseins in goats • *Front. Genet.*, 2022. 13:995349. doi: 10.3389/fgene.2022.995349.
8. Ramunno L., Cosenza G., Pappalardo M., Longobardi E., Gallo D., Pastore N., et al. Characterization of two new alleles at the goat CSN1S2 locus • *Anim. Genet.*, 2001. 32, 264-268. doi:10.1046/j.1365-2052.2001.00786.x
9. Vacca G.M., Dettori M.L., Piras G., Manca F., Paschino P., Pazzola M. Goat casein genotypes are associated with milk production traits in the Sarda breed • *Anim. Genet.*, 2014. 45, 723-731. doi:10.1111/age.12188

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Селионова Марина Ивановна, доктор биол. наук, профессор, проректор по научной работе, тел.: (499) 976-34-34, e-mail: m_selin@mail.ru;

Гладких Марианна Юрьевна, канд.с.-х. наук, доцент кафедры разведения, генетики и биотехнологии животных, тел.: (499) 976-34-34, e-mail: marianna1001@yandex.ru;

Глушенко Марина Анатольевна, канд. биол. наук, доцент кафедры разведения, генетики и биотехнологии животных, тел.: (499) 976-34-34, e-mail: glushenko@rgau-msha.ru

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Беломестнов Константин Андреевич, аспирант, тел.: (499) 976-34-34, e-mail: belomestnov-k@mail.ru

ФГБОУ ВО Ставропольский государственный университет, 355035, Российская Федерация, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Selionova Marina Ivanovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Science, tel.: (499) 976-34-34, e-mail: m_selin@mail.ru;

Gladkikh Marianna Yurievna, Ph.D. in Agricultural Science, Associate Professor of the Department of Animal Breeding, Genetics and Biotechnology, tel.: (499) 976-34-34, e-mail: marianna1001@yandex.ru;

Glushchenko Marina Anatolyevna, Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Breeding, Genetics and Biotechnology, tel.: (499) 976-34-34, e-mail: glushenko@rgau-msha.ru

Russian State Agrarian University – Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. 127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49

Belomestnov Konstantin Andreevich, Ph.D. student, tel.: (499) 976-34-34, e-mail: belomestnov-k@mail.ru

Stavropol State University, 355035, Russian Federation, Stavropol, Zootekhnicheskyy Lane, 12

Поступила в редакцию / Received 06.11.2024

Поступила после рецензирования / Revised 08.11.2024

Принята к публикации / Accepted 11.11.2024