

Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 2. С. 71-84.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2024. Vol. 107, no 2. P. 71-84.

Научная статья
УДК 636.32/.38(470.63)
doi:10.33284/2658-3135-107-2-71

Использование микросателлитных локусов для генетической идентификации овец шерстного направления продуктивности в Ставропольском крае

Александр Юрьевич Криворучко^{1,6}, Антонина Владимировна Скокова², Лариса Николаевна Скорых³, Анастасия Александровна Каниболоцкая⁴, Ольга Николаевна Криворучко⁵

^{1,2,3,4,5}Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

⁶Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия

^{1,6}rcvm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0130-3639>

²antoninaskokova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2193-7498>

³smu.sniizhk@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6090-4453>

⁴dorohin.2012@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3003-4175>

⁵lgsvniiook@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-2051-007x>

Аннотация. Микросателлитные маркеры широко используются в качестве полезного инструмента для измерения генетического разнообразия и дивергенции внутри и между популяциями разных видов животных, включая и овец. Целью данного исследования было изучение внутри- и межпородного генетического разнообразия четырёх пород овец, разводимых на территории Ставропольского края, с использованием микросателлитных маркеров. Материалом для исследования являлась кровь, отобранная у 179 голов овец 4 пород: маньчский меринос (n=58); советский меринос (n=20); северокавказская мясо-шерстная (n=41); кавказская (n=60). Генотипирование овец проводили по 12 микросателлитным локусам, рекомендованных Международным обществом генетики животных (ISAG). Анализ среднего числа аллелей на локус показал высокий уровень генетического разнообразия исследуемых пород овец, в среднем 7...12 аллелей. Количество эффективных аллелей в локусах варьировало от 4 для советского мериноса до 6 для овец кавказской породы. Максимальная величина эффективных аллелей выявлена в локусе INRA5 (9,0), минимальным количеством характеризовался локус MAF214 (1,9). Наиболее высокой частотой встречаемости характеризовались аллели 189 локуса MAF214 (68 %) у маньчского мериноса и 154 локуса INRA172 (65 %) – у советского мериноса. Выявлены аллели 209 в локусе CSR247, 166 – в локусе INRA172 и 129 – в локусе MAF65, обнаруженные только у овец маньчского мериноса, с частотой встречаемости 26, 28 и 40 % соответственно. Аллель 97 в локусе OarFCB20 с частотой встречаемости 20 % обнаружен только у овец породы советский меринос. Показатели наблюдаемой (Ho) и ожидаемой гетерозиготности (He) по 12 микросателлитным локусам составили 0,8 и 0,78. Значения PIC находились в диапазоне от 0,42 (MAF214) до 0,87 (INRA5) со средним значением 0,7 для всех локусов, что указывает на высокую информационную ценность микросателлитов в качестве молекулярно-генетических маркеров. Результаты этого исследования могут быть использованы при составлении селекционных программ и планов по сохранению генетических ресурсов местных пород овец для поддержания адекватного уровня биоразнообразия в овцеводстве.

Ключевые слова: овцы, генотип, микросателлитный анализ, локус, аллель, генетическое разнообразие

Для цитирования: Использование микросателлитных локусов для генетической идентификации овец шерстного направления продуктивности в Ставропольском крае / А.Ю. Криворучко, А.В. Скокова, Л.Н. Скорых, А.А. Каниболоцкая, О.Н. Криворучко // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107. № 2. С. 71-84. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-71>

Original article

The use of microsatellite loci for genetic identification of wool sheep in the Stavropol Territory

**Alexander Yu Krivoruchko^{1,6}, Antonina V Skokova², Larisa N Skorykh³,
Anastasia A Kanibolotskaya⁴, Olga N Krivoruchko⁵**

^{1,2,3,4,5}North Caucasus Federal Agrarian Research Centre, Mikhaylovsk, Russia

⁶North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

^{1,6}rcvm@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0130-3639>

²antoninaskokova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2193-7498>

³smu.sniizhk@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6090-4453>

⁴dorohin.2012@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3003-4175>

⁵lgsvniok@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0005-2051-007x>

Abstract. Microsatellite markers are widely used as a useful tool for measuring genetic diversity and divergence within and between populations of different animal species, including sheep. The purpose of this study was to study the intra- and interbreed genetic diversity of four breeds of sheep bred in the territory of the Stavropol territory using microsatellite markers. The material for the study was blood taken from 179 heads of sheep of 4 breeds: Manych merino (n=58); Soviet merino (n=20); North Caucasian meat-wool (n=41); Caucasian (n=60). Sheep were genotyped using 12 microsatellite loci recommended by the International Society of Animal Genetics (ISAG). The analysis of the average number of alleles per locus showed a high level of genetic diversity of the studied sheep breeds, on average 7...12 alleles. The number of effective alleles in loci varied from 4 for the Soviet merino sheep to 6 for the Caucasian breed sheep. The highest frequency of occurrence was characterized by alleles 189 of the MAF214 locus (68%) in the Manych merino and 154 of the INRA172 locus (65%) in the Soviet merino. Alleles 209 were identified in the CSR247 locus, 166 in the INRA172 locus and 129 in the MAF65 locus, found only in the Manych Merino sheep, with a frequency of occurrence of 26, 28 and 40%, respectively. Allele 97 in the OarFCB20 locus with an occurrence frequency of 20% was found only in the Soviet Merino sheep. The observed (H_o) and expected heterozygosity (H_e) indicators for 12 microsatellite loci were 0.8 and 0.78. PIC values ranged from 0.42 (MAF214) to 0.87 (INRA5) with an average value of 0.7 for all loci, indicating the high information value of microsatellites as molecular genetic markers. The results of this study can be used in drawing up breeding programs and plans for the conservation of genetic resources of local sheep breeds to maintain an adequate level of biodiversity in sheep farming.

Keywords: sheep, genotype, microsatellite analysis, locus, allele, genetic diversity

For citation: Krivoruchko AY, Skokova AV, Skorykh LN, Kanibolotskaya AA, Krivoruchko ON. The use of microsatellite loci for genetic identification of wool sheep in the Stavropol Territory. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024;107(2):71-84. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-107-2-71>

Введение.

В решении проблемы совершенствования и рационального использования генофонда отечественных пород овец важная роль отводится объективным методам прогноза генетического потенциала за счёт эффективных и современных средств оценки (Колпаков В.И., 2020). Одной из возможностей дальнейшего увеличения производства, которая используется в последние десятилетия, является применение научных исследований в области биотехнологии и генетики. Стремительное развитие молекулярной генетики позволило открыть маркеры, пригодные для получения широкого спектра объективной информации как индивидуальной о каждом животном, так и в популяционном, и породном аспектах (Селионова М.И. и др., 2018).

С помощью методов молекулярной генетики возможно определение генетических различий между особями, породами и популяциями овец. При этом оценка генетического разнообразия является ключом к долгосрочному выживанию большинства видов и должно осуществляться на ос-

нове комплексной информации о структуре популяций, включая источники генетической изменчивости внутри популяций и между ними (Иванникова А.В. и др., 2023).

Оценка генетического разнообразия в овцеводстве является ключевым приоритетом для предотвращения устойчивого роста инбридинга, приводящего к негативным последствиям в виде инбредной депрессии, которая характеризуется снижением плодовитости, ростом заболеваемости и уменьшением выживаемости потомства, что в долгосрочной перспективе может привести к угрозе исчезновения некоторых пород (Харзинова В.Р. и Зиновьева Н.А., 2020).

Для определения степени генетического разнообразия популяций используется множество подходов и методов, одним из которых является оценка с помощью молекулярных маркеров, включая микросателлиты (короткие tandemные повторы, STR). Анализ микросателлитных локусов получил широкое распространение в качестве эффективного инструмента для оценки генетического разнообразия и дивергенции внутри популяций и между ними. Благодаря высокому уровню полиморфизма, проявляющегося в наличии большого числа аллелей на локус, и кодоминантному наследованию микросателлиты используются для различных генетических исследований, в том числе определения родства, идентификации пород, оценке генетической структуры и в популяционной генетике сельскохозяйственных животных (Денискова Т.Е. и др., 2017; Насамбаев Е. и др., 2023).

В последние годы проведено множество исследований генетической изменчивости и разнообразия местных пород овец с использованием микросателлитного анализа. Румынскими учёными (Dudu A et al., 2020) при помощи микросателлитов удалось провести инвентаризацию генетических ресурсов наиболее важных румынских пород овец и создать базу данных их генотипов. Египетские учёные проводили исследования по определению генотипов по микросателлитным локусам у египетских овец, разводимых в разных регионах, которые помогли сделать вывод о необходимости генетического управления стадами на основе молекулярных маркеров – микросателлитов (Yousif AN et al., 2023).

В России характеристикой аллелофонда и изучением генетического разнообразия, оценкой степени дифференциации между породами овец занимаются многие научные коллективы. В исследованиях Денисковой Т.Е. с коллегами (2016б) была дана генетическая характеристика трём российским породам по 11 микросателлитным локусам (тувинская короткожирнохвостая, татарстанская и романовская), разводимых в хозяйствах Ярославской области, с целью дальнейшей ДНК-паспортизации. В своей работе Гладырь Е.А. с соавторами (2013) оценили степень дифференциации овец эдильбаевской и калмыцкой пород и показали информативность микросателлитов для характеристики аллелофонда исследуемых овец. При изучении полиморфизма микросателлитных локусов у овец сальской породы Широкова Н.В. с коллегами (2017) установили целесообразность определения генотипов по микросателлитам для оценки генетического разнообразия и достоверности происхождения сальской породы овец.

Микросателлиты показали высокую эффективность при проведении генетической экспертизы достоверности происхождения молодняка овец (Озеров М.Ю. и др., 2019).

Генотипирование отечественных пород овец по микросателлитным локусам является важным этапом при изучении аллелофонда и оценке генетической структуры, генетического разнообразия каждой отдельной породы для дальнейшего сохранения уникального генофонда и совершенствования продуктивных качеств (Селионова М.И. и др., 2018).

Генофонд овец Ставропольского края представлен в основном тонкорунными и полутонкорунными породами, которыми являются советский и манычский меринос, северокавказская мясошерстная и кавказская породы. Лучшие стада этих овец характеризуются высокими показателями как шерстной, так и мясной продуктивности, что говорит об их значительном генетическом потенциале (Хататаев С.А. и др., 2018).

Северокавказская мясо-шерстная – полутонкорунная порода овец с длинной шерстью, выведенная в советское время на базе племенного завода «Восток» Ставропольского края. Уникаль-

ные характеристики породы делают её универсальной для разведения как при получении животных с нежным мясом без резкого запаха, так и с хорошей шерстью (Сафонова Н.С., 2021).

Советский меринос – отечественная порода тонкорунных овец, возникшая в южных регионах России и популярная среди овцеводов благодаря нетребовательности к содержанию и, вместе с тем, достаточно высокой рентабельности за счёт большого выхода ценной шерсти. Шерсть этих мериносов – эластичная, мягкая, с шелковистым блеском. Животные отлично адаптированы к разведению в засушливых и полувасушливых районах, хорошо переносят отгонный тип содержания на зимних пастбищах (Моисейкина Л.Г. и др., 2022).

Маньчский меринос – тонкорунная порода овец, возникшая при скрещивании австралийских мериносов с овцематками ставропольской породы. Порода обладает выносливостью в крайне засушливых районах, производством мериносовой шерсти, высоким выходом чистого волокна. Племенное ядро породы создавалось и в настоящее время находится в племенных заводах Ставропольского края (Ефимова Н.И. и Шумаенко С.Н., 2024).

Особое внимание вызывает кавказская порода овец, полиморфизм микросателлитных локусов у которой до настоящего времени не изучался. Кавказские овцы выведены в СССР благодаря работе селекционеров Ставропольского края. Относится к шерстно-мясному типу. Это – крупные животные с отличным экстерьером и крепкой конституцией, имеют высокий настриг шерсти, обильномолочны и прекрасно приспособлены к сухому засушливому климату (Лушников В.П. и др., 2019).

Несмотря на то, что Денисковой Т.Е. с коллегами (2016а) уже проводилась оценка аллелофонда и генетического разнообразия некоторых отечественных пород по микросателлитным маркерам, анализ генетических особенностей исследуемых популяций овец до настоящего времени не выполнялся.

Цель исследования.

Оценка генетической структуры четырёх пород овец, разводимых на территории Ставропольского края, с использованием микросателлитных маркеров для определения внутри- и межпородного генетического разнообразия.

Материалы и методы исследований.

Объект исследований. Овцы, разводимые в племенных хозяйствах Ставропольского края: маньчский меринос, советский меринос, северокавказская мясо-шерстная, кавказская.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: Модельный закон Межпарламентской Ассамблеи государств-участников Содружества Независимых Государств "Об обращении с животными", ст. 20 (постановление МА государств-участников СНГ № 29-17 от 31.10.2007 г.). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Было отобрано 179 овец, разводимых в племенных хозяйствах Ставропольского края: КПЗ им. Ленина Апанасенковского (маньчский меринос, n=58); СПК КПЗ им. Ленина Арзгирского (советский меринос, n=20); СПК «Восток» Степновского (северокавказская мясо-шерстная, n=41) и ЗАО «Племзавод им. Героя Соцтруда В.В. Калягина» Ипатовского (кавказская, n=60) районов.

Для проведения анализа у каждого животного отбирались образцы крови. Исследования проводили на основе ДНК, выделенной при помощи набора реагентов МагноПрайм® ВЕТ в соответствии с инструкцией производителя (ООО «НектБио», Россия) на станции для автоматического выделения и очистки нуклеиновых кислот NEXOR 32M (Lepu Medical Technology, Китай). ПЦР проводили в ДНК-амплификаторе MiniAmp Plus (Thermo Fisher Scientific, США) при помощи набора реагентов «COrDIS Sheep» (ООО «Гордиз», г. Москва) для мультиплексного анализа 12-ти микросателлитных маркеров овец согласно рекомендации производителя. Изучали следующие

STR-локусы: McM042, INRA006, McM527, ETH152, CSRD247, OarFCB20, INRA172, INRA063, MAF065, MAF214, INRA005, INRA023. Размер амплифицированных участков ДНК каждого микросателлитного локуса определяли методом капиллярного электрофореза в генетическом анализаторе Нанофор-05 (Синтол, Россия). Определение размеров выявленных генотипов ДНК в исследуемых локусах проводили при помощи программы GeneMarker (SoftGenetics, LLC).

Оборудование и технические средства. Молекулярно-генетические исследования выполнялись на базе лаборатории молекулярно-генетической экспертизы ВНИИОК-филиал Северо-Кавказский ФНАЦ и Северо-Кавказский Федеральный Университет с использованием следующего оборудования и технических средств: станция для автоматического выделения и очистки нуклеиновых кислот NEXOR 32M («Lepu Medical Technology», Китай); ДНК-амплификатор MiniAmp Plus («Thermo Fisher Scientific», США); генетический анализатор Нанофор-05 («Синтол», Россия); набор реагентов МагноПрайм® ВЕТ (ООО «НекстБио», Россия); «COrDIS Sheep» (ООО «Гордиз», г. Москва); компьютерная программа GeneMarker (SoftGenetics, LLC).

Статистическая обработка. Генетико-статистический анализ проводили с помощью математических формул с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» («Microsoft», США) с применением программы «Excel» («Microsoft», США). Были рассчитаны следующие показатели: частота встречаемости аллелей; среднее число аллелей на локус (N_a); эффективное число аллелей (N_e); наблюдаемая и ожидаемая гетерозиготность; индекс Нея; величина информативной ценности использованных маркеров (PIC).

Результаты исследования.

Значения параметров генетического разнообразия показали высокую степень полиморфизма у анализируемых пород овец, для 12 локусов обнаружено 466 аллелей. Наибольшее количество аллелей (145) выявлено у овец кавказской породы. Среднее число аллелей на локус варьировало в пределах от 7 до 12 (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика основных генетических параметров изучаемых пород овец
Table 1. Main genetic parameters of the studied sheep breeds

Порода / Breed	Количество животных / Number of animals, <i>n</i>	Количество локусов / Number of loci	Индекс Нея / <i>Ney</i> indices	Наблюдаемая гетерозиготность / Observed heterozygosity, <i>N_o</i>	Среднее число аллелей на локус / The average number of alleles per locus, <i>N_a</i>
Маньчский меринос / <i>Manych merino</i>	58	12	0,73±0,03	0,70±0,02	9,08±3,12
Советский меринос / <i>Soviet Merino</i>	20	12	0,76±0,02	0,74±0,02	7,08±1,93
Северокавказская мясо-шерстная / <i>North Caucasian meat -wool</i>	41	12	0,80±0,02	0,88±0,01	10,25±2,01
Кавказская / <i>Caucasian</i>	60	12	0,82±0,02	0,85±0,01	12,08±2,19

Рассматривая количество аллелей в зависимости от анализируемых локусов, можно отметить, что самыми высокополиморфными оказались локусы INRA23, INRA63 и INRA172 с числом аллелей 15, наименьшим генетическим разнообразием у исследуемых пород отличались локусы ETH152, MAF65 и MAF214 – по 5 аллелей (табл. 2).

Таблица 2. Среднее число аллелей (Na) и количество эффективных аллелей (Ne) у овец разных пород по 12 микросателлитным локусам

Table 2. The average number of alleles (Na) and the number of effective alleles (Ne) in sheep of different breeds according to 12 microsatellite loci

Локусы / Loci	Маньчский меринос / <i>Manych merino</i>		Советский меринос / <i>Soviet Merino</i>		Северокавказская мясо-шерстная / <i>North Caucasian meat-wool</i>		Кавказская / <i>Caucasian</i>	
	Na	Ne	Na	Ne	Na	Ne	Na	Ne
CSRD247	10	4,6	7	4,1	8	4,5	11	6,9
ETH152	7	2,9	5	4	8	4,4	9	5,1
INRA5	13	8	12	6,8	12	8,1	14	9
INRA6	6	2,6	6	3,7	8	4,5	11	5
INRA23	15	7,2	7	5,8	10	7,4	11	8
INRA63	8	5,3	8	5,0	13	7,6	15	8
INRA172	7	2,7	4	2,2	11	2,6	15	3,0
MAF65	7	3,8	5	2,5	9	3,7	10	4,2
MAF214	5	1,9	7	2,8	12	4,7	15	3,6
McM042	13	4,7	7	4,3	6	3,7	10	5,6
McM527	9	4,2	8	5,9	11	8,0	11	7,7
OarFCB20	9	4,3	8	5,3	12	5,3	13	6,7
Итого / Total	109	52,2	84	52,4	120	64,5	145	72,8
В среднем / On average	9	4,4	7	4	10	5,4	12	6

Наиболее высоким полиморфизмом в локусах отличались овцы кавказской породы, среднее число аллелей по породе составило 12.

Число эффективных аллелей (уровень полиморфности) для анализируемых микросателлитных локусов составило от 4 у овец породы советский меринос до 6 – у кавказской породы. Максимальная величина эффективных аллелей выявлена в локусе INRA5 (9,0), минимальным количеством характеризовался локус MAF214 (1,9). Наименьшее генетическое разнообразие выявлено в локусе INRA172 для всех анализируемых пород, составив при этом 2,2...3,0. Наиболее информативным оказался локус INRA5 (6,8...9).

При расчёте частоты встречаемости аллелей оказалось, что более 53 % животных среди маньчского мериноса являлись носителями аллеля 186 локуса ETH152, у 56 % особей встречался аллель 110 локуса INRA6. Высокая частота встречаемости характерна также для аллелей 160 (INRA172) и 189 (MAF214), составившая 52 и 68 % соответственно.

Для овец породы советский меринос высокая частота встречаемости характерна для аллелей 154 локуса INRA172 (65 %), 125 локуса MAF65 (55 %) и 189 - MAF214 (53 %).

У овец северокавказской мясо-шерстной породы и кавказской выявлен один аллель 154 в локусе INRA172, носителями которого оказалось более половины животных с частотой встречаемости 60 и 56 % соответственно. Хочется отметить высокую встречаемость аллеля 154 в локусе INRA172 для всех пород овец, кроме маньчского мериноса.

Выявлено 3 общих аллеля в 3 локусах, которые встретились у 30-40 % животных изучаемых пород, кроме маньчского мериноса: аллель 186 в локусе ETH152 с частотой встречаемости в среднем 31,3 %; аллель 110 локуса INRA6, встречаемость которого составила 34,7 % и аллель 189 локуса MAF214 с частотой 44,3 %.

Овцы всех исследуемых пород оказались носителями общих аллелей, с частотой встречаемости от 20 до 30 %, в 6 из 12 рассматриваемых локусах: аллели 213 и 227 локуса CSRD247 (25,3 и 30 %); 190 локуса ETH152 (23,3 %); 198 - INRA23 (23,3 %); 169 - INRA63 (22,8 %); 127 - MAF65 (22,3 %); аллели 87 и 95 локуса McM42 (28,5 %) и (27,8 %).

При этом можно отметить, что у овец манычский меринос выявлено по одному аллелю в локусах CSRD247 (209), INRA5 (131), INRA23 (216), MAF65 (129), McM042 (97), OarFCB20 (97) и по два аллеля – в локусе INRA172 (166, 170), которые встречались только у этой породы. Наибольшее количество манычских мериносов (40 %) явились носителями аллеля 129 в локусе MAF65. Средняя частота встречаемости уникальных аллелей составила 22,7 %. У овец породы советский меринос выявлено два аллеля в локусах INRA23 (210) и MAF65 (137), характерных для этой породы, с частотой встречаемости 13 и 10 % соответственно. В популяции овец северокавказской мясо-шерстной породы диагностировано по одному уникальному аллелю в локусах ETH152 (194), INRA23 (214), MAF214 (181) и по два – в локусах INRA5 (133, 139), INRA63 (167, 189), MAF65 (117, 121), частота встречаемости которых была от 10 до 16 %. Для овец кавказской породы выявлено три аллеля в локусе INRA6 и один – в локусе INRA63, характерных только для этой породы, но с очень низкой частотой встречаемости, в среднем 1,3 %. Ни одного уникального аллеля не обнаружено в микросателлитном локусе McM527 (табл. 3).

Таблица 3. Частота встречаемости уникальных аллелей
Table 3. Frequency of occurrence of unique alleles

Локусы / Loci	Манычский меринос / <i>Manych merino</i>		Советский меринос / <i>Soviet Merino</i>		Северокавказская мясо-шерстная / <i>North Caucasian meat and wool</i>		Кавказская / <i>Caucasian</i>	
	Ал- лель / <i>Allele</i>	Частота / <i>Frequency,</i> %	Ал- лель / <i>Allele</i>	Частота / <i>Frequency,</i> %	Ал- лель / <i>Allele</i>	Частота / <i>Frequency</i> , %	Ал- лель / <i>Allele</i>	Частота / <i>Frequency,</i> %
CSRD247	209	26	-	-	-	-	-	-
ETH152	-	-	-	-	194	12	-	-
INRA5	131	11	-	-	133	12	-	-
INRA6	-	-	-	-	139	12	118	2
INRA23	216	11	210	13	167	10	124	1
INRA63	-	-	-	-	189	10	132	1
INRA172	166	28	-	-	-	-	-	-
MAF65	170	13	-	-	117	11	-	-
MAF214	129	40	137	10	121	12	-	-
McM042	-	-	-	-	181	10	-	-
McM527	97	10	-	-	-	-	-	-
OarFCB20	-	-	-	-	-	-	-	-
	97	20	-	-	-	-	-	-

Относительно высокая встречаемость аллелей в вышеуказанных локусах у манычского, советского мериноса и северокавказских мясо-шерстных овец позволяет отнести эти аллели к породоспецифичным.

Для определения генетической изменчивости изученных пород овец нами были рассчитаны следующие показатели: PIC – мера информационного полиморфизма, Ho – наблюдаемая гетерозиготность и He – ожидаемая гетерозиготность (табл. 4).

Таблица 4. Уровень гетерозиготности и информационный полиморфизм по 12 микросателлитным локусам

Table 4. The level of heterozygosity and information polymorphism according to 12 microsatellite loci

Порода / Breed	Маньчский меринос / Manych merino			Советский меринос / Soviet Merino			Северокавказская мясо-шерстная / North Caucasian meat-wool			Кавказская / Caucasian		
	PIC	Ho	He	PIC	Ho	He	PIC	Ho	He	PIC	Ho	He
Локусы / Loci												
CSRD247	0,74	0,62	0,78	0,71	0,65	0,77	0,74	0,78	0,78	0,83	0,9	0,85
ETH152	0,62	0,55	0,66	0,70	0,75	0,77	0,73	0,87	0,78	0,77	0,81	0,80
INRA5	0,86	0,89	0,88	0,82	0,95	0,86	0,86	0,92	0,88	0,87	0,9	0,89
INRA6	0,57	0,5	0,62	0,68	0,7	0,74	0,75	0,95	0,79	0,77	0,81	0,80
INRA23	0,84	0,87	0,86	0,80	0,65	0,85	0,85	0,85	0,87	0,86	0,86	0,88
INRA63	0,78	0,84	0,81	0,77	0,9	0,82	0,85	1	0,88	0,86	0,95	0,88
INRA172	0,57	0,77	0,63	0,50	0,65	0,55	0,60	0,73	0,62	0,65	0,7	0,67
MAF65	0,70	0,72	0,74	0,55	0,55	0,62	0,70	0,87	0,74	0,73	0,83	0,77
MAF214	0,42	0,46	0,48	0,60	0,55	0,66	0,76	0,90	0,79	0,68	0,76	0,73
McM42	0,76	0,75	0,79	0,73	0,7	0,79	0,74	0,92	0,79	0,80	0,9	0,83
McM527	0,72	0,70	0,76	0,80	0,95	0,85	0,86	0,95	0,88	0,85	0,91	0,87
OarFC20	0,73	0,75	0,76	0,78	0,95	0,83	0,80	0,85	0,82	0,83	0,9	0,86
В среднем / On average	0,69	0,7	0,73	0,70	0,74	0,76	0,77	0,88	0,8	0,79	0,85	0,82

Полиморфная информативность оказалась высокой в большинстве комбинаций локус-порода, что можно применять для оценки внутри- и межпородной изменчивости. Мера колебаний значений PIC находилась в пределах от 0,42 в локусе MAF214 до 0,87 в локусе INRA5. Средний показатель PIC для всех локусов составил 0,7, что указывает на высокую информационную ценность микросателлитов в качестве молекулярно-генетических маркеров. Рассматривая PIC в различных локусах, можно отметить, что самое его низкое значение встречается в локусе MAF214 у овец породы маньчский меринос, что характеризует данный локус как обладающий средней полиморфностью.

В среднем значения наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности по 12 микросателлитным локусам составили 0,8 и 0,78. Самым минимальным значением для наблюдаемой гетерозиготности характеризовался локус MAF214 у овец породы маньчский меринос, максимальным – локус INRA63 у северокавказских мясо-шерстных овец. В отношении ожидаемой гетерозиготности наблюдается следующее: минимальным значением 0,48 обладал локус MAF214 в популяции овец маньчского мериноса, максимальным – 0,89 – INRA5 у кавказской породы (табл. 4).

Следует отметить, что животные породы маньчский меринос отличались недостаточным количеством гетерозигот по 4 микросателлитным локусам (CSRD247, ETH152, INRA6, McM527) и избытком по локусу INRA172. Овцы породы советский меринос отличались недостатком гетерозигот по 6 локусам CSRD247, INRA6, INRA23, MAF65, MAF214, McM42, по остальным локусам отмечен избыток гетерозигот. Северокавказскую мясо-шерстную породу овец отличает избыток ге-

терозигот практически по всем локусам, кроме CSRD247 и INRA23, у овец кавказской породы также отмечен избыток гетерозиготных особей в 6 локусах CSRD247, INRA23, MAF65, McM42, McM527 и OarFC20, в остальных локусах гетерозиготы находились в достаточном количестве.

Обсуждение полученных результатов.

Количество аллелей в различных маркерных локусах служит мерой генетической изменчивости, оказывающей непосредственное влияние на дифференциацию пород внутри вида. Число эффективных аллелей в локусах позволяет судить о генетическом полиморфизме. Чем больше количество аллелей в локусе, тем выше степень генетического разнообразия (Hoban S et al., 2022). Данные настоящего исследования показали достаточно высокое генетическое разнообразие шерстных овец Ставропольского края. Среднее число аллелей на 12 микросателлитных локусов составило от 7 до 12, число эффективных аллелей варьировало в пределах от 4 до 6. Чебуранова Е.С. (2021) при изучении полиморфизма микросателлитных локусов у овец породы дорпер отметила, что среднее число аллелей (N_a) составило от 1 до 8 на локус, при этом минимальным количеством (1) характеризовался локус INRA172, максимальным (8) – McM042.

Расчёт частоты аллелей позволяет судить об аллелофонде пород, генеалогии, степени их сходства или различия, о накоплении гетеро- или гомозиготных особей в процессе отбора и подбора (Денискова Т.Е., 2016б). Анализ частоты встречаемости уникальных аллелей, характерных для каждой отдельной породы, выявил 19 уникальных аллелей: у овец маньчжурского меринуса аллели 209 (CSRD247), 131 (INRA5), 216 (INRA23), 129 (MAF65), 97 (McM042), 97 (OarFCB20), 166, 170 (INRA172); овец породы советский меринос – 210 (INRA23) и 137 (MAF65); северокавказской мясо-шерстной породы – 194 (ETH152), 214 (INRA23), 181 (MAF214), 133, 139 (INRA5), 167, 189 (INRA63), 117, 121 (MAF65). Довольно высокая частота встречаемости этих аллелей позволила отнести их к породоспецифичным. Гладырь Е.А. с коллегами (2013), оценивая степень дифференциации двух пород овец, пришли к заключению, что три аллеля 129, 131 и 133 в локусе INRA49 у калмыцкой породы овец и один аллель 147 (INRA49) у эдильбаевской породы с частотой встречаемости 33,3; 14,6; 10,4 и 18,1 % соответственно, следует считать породоспецифичными для исследуемых популяций.

Показатель меры информационного полиморфизма (PIC) исследуемых локусов составил 0,7, что говорит о высокой информационной ценности микросателлитов в качестве молекулярно-генетических маркеров у исследуемых нами пород овец Ставропольского края. Изучением генетического полиморфизма микросателлитных локусов и анализом генетического разнообразия 14 популяций овец занимались иранские учёные. Значения содержания полиморфной информации (PIC) в их исследованиях составило в среднем 0,88 для анализируемых локусов, что указывает на пригодность микросателлитов для оценки биоразнообразия (Vajed Ebrahimi MT et al., 2017).

Значение наблюдаемой гетерозиготности можно рассматривать как меру генетической изменчивости популяции. Чем больше гетерозиготных особей, тем выше частота встречаемости разных аллелей, иллюстрирующая наличие изменчивости. Но для более полной оценки изменчивости применяется показатель ожидаемой гетерозиготности (Chesnokon YV et al., 2020). Проведённые исследования выявили, что изучаемые породы овец характеризуются достаточным количеством гетерозигот, что указывает на высокое генетическое разнообразие. Показатели ожидаемой гетерозиготности по микросателлитным локусам варьировали от 0,73 для маньчжурских овец до 0,82 – для кавказских. Результаты, полученные ранее учёными (Al-Atiyat RM et al., 2018) при рассмотрении генетического разнообразия 6 пород овец Саудовской Аравии по микросателлитным локусам, показали высокий уровень ожидаемой гетерозиготности (от 0,73 до 0,80), что говорит о значительной генетической изменчивости анализируемых популяций.

Заключение.

Исследование показывает, что проанализированные породы овец Ставропольского края обладают высокой генетической изменчивостью. Среднее количество аллелей на локус находилось в

пределах от 7 у овец породы советский меринос до 12 – у кавказской породы. Значение наблюдаемой гетерозиготности по 12 локусам составило: 0,7 – для маньчжского мериноса; 0,74 – советского мериноса; 0,88 – северокавказской мясо-шерстной породы; 0,85 – для овец кавказской породы. Показатели ожидаемой гетерозиготности по микросателлитным локусам находились в пределах от 0,73 для маньчжских овец до 0,82 – у кавказских. Все исследуемые популяции овец характеризуются достаточным количеством гетерозигот, что указывает на высокое генетическое разнообразие. Сравнительная оценка полиморфизма 12 микросателлитных локусов показала определённое генетическое сходство четырёх пород овец, разводимых в Ставропольском крае, но в тоже время имелись и характерные различия, выразившиеся в наличии уникальных аллелей. В анализируемых популяциях идентифицировано 19 уникальных аллелей: 8 аллелей – у овец маньчжского мериноса; 2 аллеля – у овец породы советский меринос; 9 – у северокавказской мясо-шерстной. Высокая частота встречаемости данных аллелей в породе, составившая от 10 до 40 %, позволяет отнести их к породоспецифичным для этих популяций овец.

Список источников

1. Влияние факторов окружающей среды на генетическую изменчивость грубошерстных пород овец / М.Ю. Озеров, М. Тапио, Ю. Кантанен, С.Н. Марзанова, Е.А. Корецкая, В.П. Лушников, Н.С. Марзанов // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 6. С. 40-44. [Ozerov MYu, Tapio M, Kantanen J, Marzanova SN, Koreckaya EA, Lushnikov VP, Marzanov NS. Genetic factors affecting genetic variance in coarse-wool sheep. Rossiiskaia selskokhoziaistvennaia nauka. 2019;6:40-44. (*In Russ.*)]. doi: 10.31857/S2500-26272019640-44
2. Денискова Т.Е., Гладырь Е.А., Зиновьева Н.А. Характеристика некоторых российских пород овец по микросателлитным маркерам // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016а. № 9-1. С. 24-29. [Deniskova TE, Gladyr' EA, Zinov'eva NA. Harakteristika nekotoryh rossijskih porod oves po mikrosatellitnym markeram. Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk. 2016a;9-1:24-29. (*In Russ.*)].
3. Динамика аллелофонда овец романовской породы на основании анализа микросателлитов / Т.Е. Денискова, А.Д. Соловьева, О.В. Костюнина, Н.А. Зиновьева // Овцы, козы, шерстяное дело. 2017. № 3. С. 5-6. [Deniskova TE, Solov'eva AD, Kostjunina OV, Zinov'eva NA. Dinamika allelofonda oves romanovskoj porody na osnovanii analiza mikro-satellitov. Sheep, Goats, Wool Business. 2017;3:5-6. (*In Russ.*)].
4. Ефимова Н.И., Шумаенко С.Н. Отбор и формирование селекционных групп в племенных стадах тонкорунных пород овец, разводимых в Ставропольском крае // Сельскохозяйственный журнал. 2024. Т. 17. № 1. С. 101-108. [Efimova NI, Shumaenko SN. Selection and formation of selection groups in pedigree flocks of fine wool sheep breeds bred in the Stavropol territory. Agricultural Journal. 2024;17(1):101-108. (*In Russ.*)]. doi: 10.48612/FARC/2687-1254/010.1.17.2024
5. Иванникова А.В., Соловьева А.Д., Денискова Т.Е. Характеристика аллелофонда овец южной мясной породы с использованием микросателлитных маркеров // Генетика и разведение животных. 2023. № 4. С. 80-85. [Ivannikova A, Solovieva A, Deniskova T. Characteristic of allele pool of sheep of the southern meat breed using microsatellite markers. Genetics and Breeding of Animals. 2023;4:80-85. (*In Russ.*)]. doi: 10.31043/2410-2733-2023-4-80-85
6. Изменчивость микросателлитов в породах овец, разводимых в России / Т.Е. Денискова, М.И. Селионова, Е.А. Гладырь, А.В. Доцев, Г.Т. Бобрышова, О.В. Костюнина, Г. Брем, Н.А. Зиновьева // Сельскохозяйственная биология. 2016б. Т. 51. № 6. С. 801-810. [Deniskova TE, Selionova MI, Gladyr' EA, Docev AV, Bobryshova GT, Kostyunina OV, Brem G, Zinovieva NA. Variability of microsatellites in sheep breeds raced in Russia. Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2016b;51(6):801-810. (*In Russ.*)]. doi: 10.15389/agrobiology.2016.6.801rus doi: 10.15389/agrobiology.2016.6.801eng

7. Изучение генетической структуры крупного рогатого скота герефордской породы с применением микросателлитных маркеров / Е.Г. Насамбаев, И.С. Бейшова, Т.В. Ульянова, С.А. Черняева // *Ғылым және білім*. 2023. №. 2-1(71). С. 74-82. [Nasambaev E, Beishova IS, Ulyanova TV, Chernyaeva SA. Study of the genetic structure of hereford cattle using microsatellite markers. *Science and Education*. 2023;2-1(71):74-82. (*In Russ.*)]. doi: 10.52578/2305-9397-2023-2-1-74-82
8. 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. С. 47-64. [Kolpakov VI. Influence of some polymorphic genes on meat productivity and meat quality of cattle (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(4):47-64. (*In Russ.*)]. doi: 10.33284/2658-3135-103-4-47
9. Лушников В.П., Молчанов А.В., Ерофеев Д.В. Шерстная продуктивность и качество шерсти молодняка овец нового типа кавказской породы // *Аграрный научный журнал*. 2019. №. 12. С. 61-63. [Lushnikov VP, Molchanov AV, Erofeev DV. Wool productivity and quality of young sheep of a new type of caucasian breed. *The Agrarian Scientific Journal*. 2019;12:61-63. (*In Russ.*)]. doi: 10.28983/asj.y2019i12pp61-63
10. Оценка разнообразия генофонда мелкого рогатого скота / Л.Г. Моисейкина, А.В. Убушиева, Н.В. Чимидова, В.С. Убушиева, Д.С. Вудвуд // *Сельское хозяйство и экосистемы в современном мире: региональные и межстрановые исследования*. 2022. Т. 1. № 2. С. 44-50. [Moiseikina LG, Ubushieva AV, Chimidova NV, Ubushieva VS, Woodwood DS. Assessment of the diversity of the gene pool of small cattle. *The Agriculture and Ecosystems in Modern World: Regional and Inter countries' research*. 2022;1(2):44-50. (*In Russ.*)]. doi: 10.53315/2949-1231-2022-1-2-44-50
11. Оценка степени дифференциации эдильбаевской и калмыцкой породы овец по микросателлитам / Е.А. Гладырь, Н.А. Зиновьева, Н.В. Чимидова, Л.Г. Моисейкина, Е.П. Кудина, Л.К. Эрнст, Г. Брем // *Достижения науки и техники АПК*. 2013. № 3. С. 68-70. [Gladyr' EA, Zinov'eva NA, Chimidova NV, Moisejkina LG, Kudina EP, Ernst LK, Brem G. Assessment of differentiation degree of edilbay and kalmyk sheep breeds on microsatellites. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2013;3:68-70. (*In Russ.*)].
12. Полиморфизм микросателлитных локусов OarCP549, CSRD247, FCB20 и MAF65 у овец / Н.В. Широкова, Л.В. Гетманцева, Ю.А. Колосов, Н.Ф. Бакоев, Т.Е. Денискова, С.Ю. Бакоев, В.В. Волкова, Т.С. Романец // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2017. № 5(60). С. 57-62. [Shirokova NV, Getmantseva LV, Kolosov YuA, Bakoev NF, Deniskova TE, Bakoev SYu, Volkova VV, Romanets TS. Polymorphism of microsatellite loci OarCP549, CSRD247, FCB20 and MAF65 in sheep. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2017;5(60):57-62. (*In Russ.*)].
13. Породы овец, разводимые в Ставропольском крае, и их племенная база / С.А. Хатаев, Л.Н. Григорян, Н.Г. Степанова, Г.Т. Бобрышова // *Сельскохозяйственный журнал*. 2018. № 1(11). С. 66-72. [Hatataev SA, Grigoryan LN, Stepanova NG, Bobryshova GT. The breeds of sheep bred in the Stavropol territory, and their breeding base. *Agricultural Journal*. 2018;1(11):66-72. (*In Russ.*)]. doi: 10.25930/0372-3054-2018-1-11-76-85
14. Сафонова Н.С. Полиморфизм генов соматотропина и лептина у овец северокавказской мясошерстной породы // *Вестник Ошского государственного университета*. 2021. №. 1-2. С. 430-437. [Safonova NS. Polymorphism of somatotropin and leptin genes in sheep of the north Caucasian meat and wool breed. *Bulletin of Osh State University*. 2021;1-2:430-437. (*In Russ.*)]. doi: 10.52754/16947452_2021_1_2_430
15. Селионова М.И., Лушихина Е.М., Чижова Л.Н. Особенности микросателлитного профиля овец, разводимых в условиях Кыргызстана // *Сельскохозяйственный журнал*. 2018. № 1(11). С. 84-90. [Selionova MI, Lushchikhina EM, Chizhova LN. Features of microsatellite profile in sheep bred in the conditions of Kyrgyz Republic. *Agricultural Journal*. 2018;1(11):84-90. (*In Russ.*)]. doi: 10.25930/0372-3054-2018-1-11-98-106
16. Харзинова В.Р., Зиновьева Н.А. Паттерн генетического разнообразия у локальных и коммерческих пород свиней на основе анализа микросателлитов // *Вавиловский журнал генетики и*

- селекции. 2020. Т. 24. № 7. С. 747-754. [Kharzinova VR, Zinovieva NA. The pattern of genetic diversity of different breeds of pigs based on microsatellite analysis. Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2020;24(7):747-754. (In Russ.)]. doi: 10.18699/VJ20.669
17. Чебуранова Е.С. Межпородная дифференциация овец, разводимых в Республике Беларусь по STR-локусам // Животноводство и ветеринарная медицина. 2021. № 3. С. 26-30. [Cheburanova ES. Inter-breed differentiation of sheep bred in the Republic of Belarus according to STR-loci. Animal Agriculture and Veterinary Medicine. 2021;3:26-30. (In Russ.)].
18. Al-Atiyat RM, Aljumaah RS, Alshaikh MA, Abudabos AM. Microsatellite-based genetic structure and diversity of local Arabian sheep breeds. *Frontiers in Genetics*. 2018;9:408. doi: 10.3389/fgene.2018.00408
19. Chesnokov YV, Kosolapov VM, Savchenko IV. Morphological genetic markers in plants. *Russian Journal of Genetics*. 2020;56:1406-1415. doi: 10.1134/S1022795420120042
20. Dudu A, Popa GO, Ghiță E, Pelmuș R, Lazăr C, Costache M, Georgescu SE. Assessment of genetic diversity in main local sheep breeds from Romania using microsatellite markers. *Archives Animal Breeding*. 2020;63(1):53-59. doi: 10.5194/aab-63-53-2020
21. Hoban S, Archer FI, Bertola LD, Bragg JG, Breed MF, Bruford MW, Hunter ME, et al. Global genetic diversity status and trends: towards a suite of Essential Biodiversity Variables (EBVs) for genetic composition. *Biological Reviews*. 2022;97(4):1511-1538. doi: 10.1111/brv.12852
22. Vajed Ebrahimi MT, Mohammadabadi M, Esmailzadeh A. Using microsatellite markers to analyze genetic diversity in 14 sheep types in Iran. *Archives Animal Breeding*. 2017;60(3):183-189. doi: 10.5194/aab-60-183-2017
23. Yousif AN, Abdullah SM, Shaker AS, Ameen QA, Mohammed MS, Muhammad SJ, Aziz CR. Genetic diversity assessment of some Iraqi Sheep breeds using micro satellite DNA markers. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*. 2023;23(3):41-50. doi: 10.25130/tjas.23.3.5

References

1. Ozerov MYu, Tapio M, Kantanen J, Marzanova SN, Koreckaya EA, Lushnikov VP, Marzanov NS. Genetic factors affecting genetic variance in coarse-wool sheep. *Russian Agricultural Science*. 2019;6:40-44. doi: 10.31857/S2500-26272019640-44
2. Deniskova TE, Gladyr' EA, Zinov'eva NA. Characteristics of some Russian sheep breeds using microsatellite markers. *Current Problems of the Humanities and Natural Sciences*. 2016a;9-1:24-29.
3. Deniskova TE, Solov'eva AD, Kostjunina OV, Zinov'eva NA. Dynamics of the allele pool of Romanov breed sheep based on microsatellite analysis. *Sheep, Goats, Wool Business*. 2017;3:5-6.
4. Efimova NI, Shumaenko SN. Selection and formation of selection groups in pedigree flocks of fine wool sheep breeds bred in the Stavropol territory. *Agricultural Journal*. 2024;17(1):101-108. doi: 10.48612/FARC/2687-1254/010.1.17.2024
5. Ivannikova A, Solovieva A, Deniskova T. Characteristic of allele pool of sheep of the southern meat breed using microsatellite markers. *Genetics and Breeding of Animals*. 2023;4:80-85. doi: 10.31043/2410-2733-2023-4-80-85
6. Deniskova TE, Selionova MI, Gladyr' EA, Docev AV, Bobryshova GT, Kostyunina OV, Brem G, Zinovieva NA. Variability of microsatellites in sheep breeds raced in Russia. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2016b;51(6):801-810. doi: 10.15389/agrobiology.2016b.6.801eng
7. Nasambaev E, Beishova IS, Ulyanova TV, Chernyayeva SA. Study of the genetic structure of hereford cattle using microsatellite markers. *Science and Education*. 2023;2-1(71):74-82. doi: 10.52578/2305-9397-2023-2-1-74-82
8. Kolpakov VI. Influence of some polymorphic genes on meat productivity and meat quality of cattle (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020;103(4):47-64. doi: 10.33284/2658-3135-103-4-47
9. Lushnikov VP, Molchanov AV, Erofeev DV. Wool productivity and quality of young sheep of a new type of caucasian breed. *The Agrarian Scientific Journal*. 2019;12:61-63. doi: 10.28983/asj.y2019i12pp61-63

10. Moiseikina LG, Ubushieva AV, Chimidova NV, Ubushieva VS, Woodwood DS. Assessment of the diversity of the gene pool of small cattle. *The Agriculture and Ecosystems in Modern World: Regional and Inter countries' research.* 2022;1(2):44-50. doi: 10.53315/2949-1231-2022-1-2-44-50
11. Gladyr' EA, Zinov'eva NA, Chimidova NV, Moisejkina LG, Kudina EP, Ernst LK, Brem G. Assessment of differentiation degree of edilbay and kalmyk sheep breeds on microsatellites. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex.* 2013;3:68-70.
12. Shirokova NV, Getmantseva LV, Kolosov YuA, Bakoev NF, Deniskova TE, Bakoev SYu, Volkova VV, Romanets TS. Polymorphism of microsatellite loci OarCP549, CSRD247, FCB20 and MAF65 in sheep. *Agricultural Science Euro-North-East.* 2017;5(60):57-62.
13. Hatataev SA, Grigoryan LN, Stepanova NG, Bobryshova GT. The breeds of sheep bred in the Stavropol territory, and their breeding base. *Agricultural Journal.* 2018;1(11):66-72. doi: 10.25930/0372-3054-2018-1-11-76-85
14. Safonova NS. Polymorphism of somatotropin and leptin genes in sheep of the north caucasian meat and wool breed. *Bulletin of Osh State University.* 2021;1-2:430-437. doi: 10.52754/16947452_2021_1_2_430
15. Selionova MI, Lushchikhina EM, Chizhova LN. Features of microsatellite profile in sheep bred in the conditions of Kyrgyz Republic. *Agricultural Journal.* 2018;1(11):84-90. doi: 10.25930/0372-3054-2018-1-11-98-106
16. Kharzinova VR, Zinovieva NA. The pattern of genetic diversity of different breeds of pigs based on microsatellite analysis. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 2020;24(7):747-754. doi: 10.18699/VJ20.669
17. Cheburanova ES. Inter-breed differentiation of sheep bred in the Republic of Belarus according to STR-loci. *Animal Agriculture and Veterinary Medicine.* 2021;3:26-30.
18. Al-Atiyat RM, Aljumaah RS, Alshaiikh MA, Abudabos AM. Microsatellite-based genetic structure and diversity of local Arabian sheep breeds. *Frontiers in Genetics.* 2018;9:408. doi: 10.3389/fgene.2018.00408
19. Chesnokov YV, Kosolapov VM, Savchenko IV. Morphological genetic markers in plants. *Russian Journal of Genetics.* 2020;56:1406-1415. doi: 10.1134/S1022795420120042
20. Dudu A, Popa GO, Ghiță E, Pelmuș R, Lazăr C, Costache M, Georgescu SE. Assessment of genetic diversity in main local sheep breeds from Romania using microsatellite markers. *Archives Animal Breeding.* 2020;63(1):53-59. doi: 10.5194/aab-63-53-2020
21. Hoban S, Archer FI, Bertola LD, Bragg JG, Breed MF, Bruford MW, Hunter ME, et al. Global genetic diversity status and trends: towards a suite of Essential Biodiversity Variables (EBVs) for genetic composition. *Biological Reviews.* 2022;97(4):1511-1538. doi: 10.1111/brv.12852
22. Vajed Ebrahimi MT, Mohammadabadi M, Esmailzadeh A. Using microsatellite markers to analyze genetic diversity in 14 sheep types in Iran. *Archives Animal Breeding.* 2017;60(3):183-189. doi: 10.5194/aab-60-183-2017
23. Yousif AN, Abdullah SM, Shaker AS, Ameen QA, Mohammed MS, Muhammad SJ, Aziz CR. Genetic diversity assessment of some Iraqi Sheep breeds using micro satellite DNA markers. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences.* 2023;23(3):41-50. doi: 10.25130/tjas.23.3.5

Информация об авторах:

Александр Юрьевич Криворучко, доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела генетики и биотехнологии, Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49, Ставропольский край, Российская Федерация; профессор, Северо-Кавказский федеральный университет, 355000, г. Ставрополь, ул. Кулакова 2, тел.: +79188814327.

Антонина Владимировна Скокова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела генетики и биотехнологии, Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49, Ставропольский край, тел.: +79627404231.

Лариса Николаевна Скорых, доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник отдела генетики и биотехнологии, Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49, Ставропольский край, тел.: 8(8652)71-81-55.

Анастасия Александровна Каниболоцкая, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела генетики и биотехнологии, Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49, Ставропольский край, тел.: +7 9614569925.

Ольга Николаевна Криворучко, аспирант отдела генетики и биотехнологии, Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49, Ставропольский край.

Information about the authors:

Alexander Yu Krivoruchko, Dr. Sci. (Biology), Chief Researcher of the Department of Genetics and Biotechnology, North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, 49 Nikonov str., Mikhailovsk, Stavropol Territory, Russian Federation, 356241; Professor of the North Caucasus Caucasian Federal University, Kulakova str. 2, Stavropol, 355000, tel.: +79188814327.

Antonina V Skokova, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher at the Department of Genetics and Biotechnology, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, 49 Nikonov str., Mikhailovsk, Stavropol Territory, 356241, tel.: +79627404231.

Larisa N Skorykh, Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, Chief Researcher of the Department of Genetics and Biotechnology, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, 49 Nikonov str., Mikhailovsk, Stavropol Territory, 356241, tel.: 8(8652)71-81-55.

Anastasia A Kanibolotskaya, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher at the Department of Genetics and Biotechnology, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, 49 Nikonov str., Mikhailovsk, Stavropol Territory, 356241, tel.: +7 9614569925.

Olga N Krivoruchko, Postgraduate student of the Department of Genetics and Biotechnology, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, 49 Nikonov str., Mikhailovsk, Stavropol Territory, 356241.

Статья поступила в редакцию 05.04.2024; одобрена после рецензирования 26.04.2024; принята к публикации 10.06.2024.

The article was submitted 05.04.2024; approved after reviewing 26.04.2024; accepted for publication 10.06.2024.