

ПОЛИМОРФИЗМ ДНК-МИКРОСАТЕЛЛИТ АЙРШИРСКОГО СКОТА РЕСПУБЛИКИ КОМИ И КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

НИКОЛАЕВ Семен Викторович, *Институт агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук*

В работе проведена оценка аллелофонда айрширского скота Республики Коми (n=340) и Кировской области (n = 64) по микросателлитным ДНК-маркерам. Установлено, что в изучаемых популяциях локус TGLA227 был самым полиморфным – 9 аллелей, а локусы BM1824 и TGLA126 имели меньше всего аллелей (3–4). С наибольшей частотой у айрширского скота в Республике Коми встречалась микросателлита 214 локуса INRA23 (q=0,7387), а среди животных Кировской области – 115 локуса TGLA126 (q=0,7083). Среднее число аллелей на локус в выборках Республики Коми было незначительно выше (6,6±0,5) по сравнению с показателем у коров Кировской области (6,2±0,4). Число эффективных аллелей Коми популяции составило 3,2±1,0, у животных Кировской области – 3,4±1,0. Фактическая гетерозиготность по всем локусам у животных Республики Коми была ниже на 22,4 % (P<0,001). Самая высокая гомозиготность у коров Республики наблюдалась по локусам INRA23 (Ho=0,449) и SPS115 (Ho=0,579), а в выборке животных Кировской области – по TGLA126 (Ho=0,771) и INRA23 (Ho=0,875). Индекс фиксации у айрширского скота Кировской области составил –0,273±0,055, что в 6,8 раза больше (P<0,001) по сравнению с популяцией Коми (Fis = –0,040±0,015).

Введение. Исторически молочное скотоводство Европейского Северо-Востока России базировалось на разведении животных черно-пестрого корня: холмогорской, черно-пестрой, истобенской пород [5, 6]. В настоящее время возрос интерес к айрширскому скоту с генетически обусловленной высокой жирно-молочностью и продуктивностью.

Первые животные айрширской породы в Коми были завезены в 1976 г. по инициативе профессора Г.И. Гагиева. Вначале на опытную сельскохозяйственную станцию было получено 200 животных из Финляндии, а затем еще 50 из Карелии. Параллельно многие хозяйства начали поглотительно скрещивать местный холмогорский скот айрширским [2]. На начало 2021 г. бонитируемая популяция айрширских коров Республики составила 1200, или 22,6 % от всего поголовья. В Кировскую область айрширская порода также была завезена в 1970-е гг. [4]. В настоящее время количество айрширских животных в регионе составляет 2065 коров, или 2,7 % от общего поголовья, а в племенном заводе ОАО Агрофирма «Средневикино» получена рекордная для Российской Федерации продуктивность по породе – 8500 кг на фуражную корову.

Одним из основных способов оценки генетического родства и разнообразия живых организмов, определения эволюционных процессов, происходящих в популяции, является изучение полиморфизма нуклеиновых кислот [7, 8]. В молочном скотоводстве с целью подтверждения достоверности данных племенного учета наиболее часто используют полиморфизм систем групп крови и коротких tandemных повторов ДНК (микросателлиты) [8, 12, 13]. С точки зрения специфичности и полноценности получаемых данных анализ генетического полиморфизма по микросателлитным локусам является более достоверным критерием подтверждения родства [3, 13]. В отечественной литературе широко представлены сведения по аллелофондам микросателлит голштинского, холмогорского, якутского скота и т.д. [1, 9–11], однако сведения по айрширской породе практически отсутствуют.

Цель исследований – охарактеризовать и сравнить две региональные популяции айрширской породы по микросателлитным маркерам.

Методика исследований. Исследования проводили в лаборатории сельскохозяйственной геномики Института агробиотехнологий Коми НЦ УрО РАН в 2020 г. Генетический материал для исследований был получен от коров и нетелей айрширской породы, путем отсека тканей ушной раковины. В хозяйствах Республики Коми было получено 340 проб, в Кировской области – 32 пробы.

ДНК-анализ осуществляли в лаборатории молекулярной генетики и биотехнологии животных ВИЖ с использованием панели на 11 микросателлитных локусах: TGLA227, TGLA126, SPS115, TGLA53, TGLA122, INRA23, ETH225, BM2113, BM1818, BM1824, ETH10. Выделение ДНК проводили с использованием колонок Nexttec (Nexttec™ Biotechnologie GmbH, Германия) в соответствии с рекомендациями производителя. Микросателлитный профиль коров изучали с помощью ДНК-анализатора с лазерным детектором ABI3130xl (Applied Biosystema, США).

При генетической оценке определяли число аллелей на локус (Na), их частоту (q), ошибку частот (Mq), количество эффективных аллелей (Ne), фактическую (Ho) и ожидаемую (He) гетерозиготность, индекс фиксации (Fis).

Статистический анализ проводили по общепринятым методикам с использованием пакет программ Майкрософт.

Результаты исследований. Характеристика микросателлитной ДНК в анализируемых популяциях айрширского скота представлена в табл. 1.

Генетический анализ показал, что в исследуемых выборках наблюдается полиморфизм по всем микросателлитным локусам. Наиболее полиморфным был локус TGLA227 (9 аллелей), а наименее вариабельными BM1824 (Коми) и TGLA126 (Кировская область), где встречалось по 4 аллеля. Аллельная структура двух популяций имела свои особенности. Так, самой распространенной микросателлитой среди айрширского скота Республики Коми была 214 локуса INRA23, которая встречалась у 73,9 % животных, а в Кировской области у 70,8 % животных обнаружился аллель 115 локуса TGLA126. Широко распространенные аллели среди айрширских животных Коми TGLA122 – 153



Частоты ДНК-микросателлит у айрширского скота хозяйств Республики Коми и Кировской области

Аллель	Респ. Коми		Кировская обл.		Аллель	Респ. Коми		Кировская обл.	
	q	Mq	q	Mq		q	Mq	q	Mq
Локус TGLA227					Локус TGLA122				
77	–	–	0,0625	0,0247	141	0,1215	0,0087	0,1250	0,0338
79	0,0042	0,0017	–	–	143	0,4661	0,0133	0,4375	0,0506
81	0,0354	0,0049	0,1458	0,0360	147	0,0042	0,0017	0,0417	0,0204
83	0,0198	0,0037	0,0208	0,0146	151	0,3644	0,0128	0,3542	0,0488
85	0,0269	0,0043	0,0208	0,0146	153	0,0268	0,0043	–	–
87	0,2252	0,0111	0,2083	0,0414	161	0,0169	0,0034	0,0417	0,0204
89	0,2323	0,0112	0,1875	0,0398	Локус BM1818				
91	0,3074	0,0123	0,1667	0,0380	258	0,0071	0,0022	0,0417	0,0204
93	0,0085	0,0024	0,0833	0,0282	260	–	–	0,0208	0,0146
97	0,1402	0,0092	0,1042	0,0312	262	0,1068	0,0082	0,0417	0,0204
Локус ETH225					264	0,0057	0,0020	0,0208	0,0146
140	0,2472	0,0115	0,2083	0,0414	266	0,4402	0,0132	0,4792	0,0510
142	0,2345	0,0113	0,2083	0,0414	268	–	–	0,1458	0,0360
144	0,2020	0,0107	0,3333	0,0481	270	0,4402	0,0132	0,2500	0,0442
146	0,0480	0,0057	0,0625	0,0247	Локус SPS115				
148	0,0367	0,0050	0,0208	0,0146	248	0,5573	0,0133	0,2500	0,0442
150	0,0904	0,0076	0,0625	0,0247	252	0,0186	0,0036	0,2083	0,0414
152	0,1412	0,0093	0,1042	0,0312	254	0,3668	0,0129	0,2917	0,0464
Локус ETH10					256	0,0444	0,0055	0,1875	0,0398
209	0,0014	0,0010	–	–	258	0,0043	0,0018	–	–
213	0,2685	0,0118	0,2708	0,0454	260	0,0086	0,0025	0,0625	0,0247
215	0,1648	0,0099	0,0833	0,0282	Локус INRA23				
217	0,1207	0,0087	0,1042	0,0312	200	0,0268	0,0043	0,0208	0,0146
219	0,2216	0,0111	0,2708	0,0454	206	0,1610	0,0098	0,3750	0,0494
221	0,0952	0,0078	0,1458	0,0360	208	0,0085	0,0024	0,0417	0,0204
223	0,0980	0,0079	0,1250	0,0338	212	0,0028	0,0014	–	–
225	0,0298	0,0045	–	–	214	0,7387	0,0117	0,5208	0,0510
Локус TGLA53					216	0,0071	0,0022	0,0417	0,0204
154	0,0029	0,0015	–	–	220	0,0551	0,0061	–	–
160	0,1531	0,0097	0,3542	0,0488	Локус BM2113				
162	0,0219	0,0039	0,0417	0,0204	125	0,0706	0,0068	0,0217	0,0152
164	0,0029	0,0015	0,0208	0,0146	127	0,1751	0,0101	0,0870	0,0294
166	0,4869	0,0135	0,3542	0,0488	129	0,0014	0,0010	0,0217	0,0152
168	0,2945	0,0123	0,1667	0,0380	133	0,1172	0,0085	0,1522	0,0374
170	0,0321	0,0048	0,0208	0,0146	135	0,1102	0,0083	0,2826	0,0469
176	0,0058	0,0021	–	–	137	0,3037	0,0122	0,2609	0,0458
Локус TGLA126					139	0,2218	0,0110	0,2174	0,0430
113	0,0014	0,0010	–	–	Локус BM1824				
115	0,5028	0,0133	0,7083	0,0464	178	0,5184	0,0133	0,4375	0,0506
117	0,3892	0,0130	0,1458	0,0360	180	0,3390	0,0126	0,3125	0,0473
119	0,0071	0,0022	0,0208	0,0146	182	0,0847	0,0074	0,1250	0,0338
121	0,0682	0,0067	0,1250	0,0338	184	–	–	0,0208	0,0146
123	0,0313	0,0046	–	–	188	0,0579	0,0062	0,1042	0,0312





($q=0,0268$), INRA23 – 220 ($q=0,0551$), TGLA126 – 123 ($q=0,0313$), в выборке Кировского скота обнаружены не были. В то же время в популяции коров Кировской области часто встречались аллели, отсутствующие у животных в Коми: TGLA227 – 77 ($q=0,0625$), BM1818 – 260 ($q=0,0208$) и 268 ($q=0,1458$), BM1824 – 184 ($q=0,0208$). Количество аллелей с $q>10\%$ в первой группе (Коми) составило 34, во второй (Кировская область) – 40.

Среднее число фактических аллелей (табл. 2) было выше у скота Республики Коми ($N_a=6,6$), тогда как в хозяйствах Кировской области показатель был ниже на 0,6 ($N_a=6,0$). Число эффективных аллелей, наоборот, было незначительно больше в Кировской популяции ($N_e=3,4$ против $N_e=3,2$). Самая высокая гомозиготность скота Республики Коми наблюдалась по локусам INRA23 ($H_o=0,449$) и SPS115 ($H_o=0,579$), в выборке Кировской области – по TGLA126 ($H_o=0,771$) и INRA23 ($H_o=0,875$). В среднем фактическая гетерозиготность популяции Коми была ниже на 22,4 % ($P<0,001$) по сравнению с областной, тогда как ожидаемая не имела достоверных отличий.

Наибольшее несоответствие по наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности в первой группе наблюдали по локусам TGLA122 ($F_{is} = -0,127$) и TGLA126 ($F_{is} = -0,098$), а во второй – TGLA126 ($F_{is} = -0,672$) и INRA23 ($F_{is} = -0,498$). Сравнивая средние значения индекса фиксации двух популяций, можно сделать вывод, что запас гетерозиготности у айрширского скота Кировской области был более чем в 6,8 раза выше ($P<0,001$) по сравнению с животными Республики. Более высокая гомозиготность стад в хозяйствах Коми, по-видимому, связана с активным и продолжительным

использованием быков-производителей, полученных непосредственно в самом регионе, тогда как в хозяйствах Кировской области для осеменения самок использовали преимущественно завозную сперму быков-производителей канадской и финской селекции.

Заключение. Проанализированный аллелофонд айрширского скота характеризуется полиморфизмом по всем исследуемым локусам. Самым полиморфным локусом можно считать TGLA227 (9 аллелей), а менее вариабельными BM1824 и TGLA126. Наиболее распространенными аллелями среди популяции скота Коми были 214 локуса INRA23 (73,9 %), а среди коров Кировской области 115 локуса TGLA126 (70,8 %).

Несмотря на незначительное превосходство по числу фактических аллелей в выборке айрширского поголовья Республики Коми, фактическая гетерозиготность популяции по всем локусам была ниже на 22,4 % ($P<0,001$) по сравнению с популяцией Кировской области. Самая высокая гомозиготность скота Республики Коми наблюдалась по локусам INRA23 ($H_o=0,449$) и SPS115 ($H_o=0,579$), а в областной популяции – по TGLA126 ($H_o=0,771$) и INRA23 ($H_o=0,875$). Индекс фиксации у айрширского скота Кировской области более чем в 6,8 раза больше ($P<0,001$) по сравнению с животными хозяйств Республики Коми.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аржанкова Ю.В., Мосачихина И.А., Харитонов А.В. Генетические особенности черно-пестрого и помесного крупного рогатого скота по микросателлитным локусам // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1. – С. 7–11.
2. Гагиев Г.И. Научные основы молочного скотоводства на Севере. – М., 1998. – 448 с.

Таблица 2

Полиморфизм микросателлитных локусов у айрширского скота Республики Коми и Кировской области

Локус	Республика Коми ($n = 340$)					Кировская обл. ($n = 64$)				
	N_a	N_e	H_o	H_e	F_{is}	N_a	N_e	H_o	H_e	F_{is}
ETH10	8	5,1	0,804	0,818	0,017	6	5,0	0,896	0,799	-0,122
ETH225	7	5,0	0,799	0,811	0,015	7	4,6	0,896	0,783	-0,144
BM2113	7	6,3	0,842	0,797	-0,056	7	4,4	0,938	0,773	-0,213
BM1818	5	2,6	0,610	0,601	-0,014	7	3,1	0,854	0,682	-0,252
BM1824	4	2,6	0,610	0,606	-0,007	5	3,2	0,833	0,684	-0,218
TGLA122	6	3,5	0,715	0,634	-0,127	5	3,0	0,875	0,664	-0,318
SPS115	6	2,4	0,579	0,552	-0,048	5	4,3	0,875	0,770	-0,136
TGLA126	6	2,8	0,648	0,590	-0,098	4	1,9	0,771	0,461	-0,672
TGLA227	9	6,1	0,836	0,779	-0,073	9	6,7	0,958	0,850	-0,128
TGLA53	8	2,8	0,641	0,651	0,015	6	3,6	0,938	0,719	-0,304
INRA23	7	1,8	0,449	0,425	-0,058	5	2,4	0,875	0,584	-0,498
$M \pm m$	$6,6 \pm 0,5$	$3,2 \pm 1,0$	$0,685 \pm 0,040$	$0,660 \pm 0,040$	$-0,040 \pm 0,015$	$6,0 \pm 0,4$	$3,4 \pm 1,0$	$0,883 \pm 0,017^*$	$0,706 \pm 0,035$	$-0,273 \pm 0,055^*$

* достоверно ($P<0,001$) по отношению к айрширскому скоту Республики Коми.

3. Использование микросателлитов для характеристики аллелофонда популяций крупного рогатого скота Таджикистана / Е.А. Гладырь [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 8. – С. 58–62.

4. Крысова Е.В., Березина В.В. Экстерьерная оценка коров айрширской и других молочных пород крупного рогатого скота Кировской области // Генетика и разведение животных. – 2017. – № 2. – С. 65–69.

5. Матюков В.С. Еще раз о генофонде и селекции холмогорского скота. – М., 2007. – 140 с.

6. Николаев С.В., Шемуранова Н.А. Продуктивность коров холмогорской породы с различной степенью голштинизации в условиях Республики Коми // Молочное и мясное скотоводство. – 2020. – № 2. – С. 19–23.

7. Николаев С.В. Генетическая характеристика Печорского типа холмогорского скота по микросателлитным ДНК-маркерам // Генетика и разведение животных. – 2020. – № 4. – С. 61–66.

8. Слепцов И.И., Додохов В.В., Павлова Н.И. Полиморфизм 15 микросателлитных локусов ДНК у крупного рогатого скота калмыцкой породы и аборигенного якутского скота, разводимых на территории Республики Саха (Якутия) // Животноводство и кормопроизводство. – 2019. – Т. 102. – № 2. – С. 60–67.

9. Характеристика аллелофонда сычевской породы крупного рогатого скота по ДНК микросателлитам / Д.Н. Кольцов [и др.] // Достижения науки техники в АПК. – 2012. – № 8. – С. 56–58.

10. Часовщикова М.А. Генетическая характеристика голштинской породы крупного рогатого скота с использованием микросателлитных ДНК-маркеров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 2 (76). – С. 191–193.

11. Шаталина О.С., Ткаченко И.В., Ярышкин А.А. Генетическая структура популяции голштинизированного черно-пестрого скота по микросателлитным локусам // Генетика. – 2021. – Т. 57. – № 2. – С. 205–213.

12. Maijala K., Lindstrom G. Frequencies of blood group genes and factor stn in the Finnish cattle breeds with special regard to breed comparisons // Ann. Agric. Fenniae, 1996., Vol. 5, No. 2, P. 76–81.

13. Radko A., Rychlik T. Use of blood group tests and microsatellite DNA markers for parentage verification in a population of Polish Red-and-White cattle Ann. Anim. Sci. 2009, Vol. 9 (2), P. 119–125.

Николаев Семен Викторович, канд. вет. наук, научный сотрудник, Институт агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Россия.

167023, г. Сыктывкар, ул. Ручейная, 27.
Тел.: 89505683564; e-mail: nipti@bk.ru.

Ключевые слова: айрширская порода; микросателлиты; аллелофонд; ДНК-полиморфизм; аллели; гетерозиготность.

POLYMORPHISM OF DNA-MICROSATELLITES OF AYRSHIRE CATTLE OF THE KOMI REPUBLIC AND THE KIROV REGION

Nikolaev Semyon Viktorovich, Candidate of Veterinary Sciences, Researcher, Institute of Agrobiotechnologies named after A.V. Zhuravsky Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia.

Keywords: Ayrshire breed; microsatellites; allelofund; DNA polymorphism; alleles; heterozygosity.

The allelofund of Ayrshire cattle of the Komi Republic ($n=340$) and the Kirov region ($n=32$) was evaluated using microsatellite DNA markers. It was found that in the studied populations, the TGLA227 locus was the most polymorphic – 9 alleles, and the BM1824 and TGLA126 loci had the least alleles (3-4). The allele of 214 loci INRA23 ($q=0.7387$) was found with the highest frequency in Ayr-

shire cattle in the Komi Republic, and 115 loci TGLA126 ($q=0.7083$) was found among animals of the Kirov region. The average number of alleles per locus in the samples of the Komi Republic was slightly higher (6.6 ± 0.5), compared to the indicator in cows of the Kirov region (6.2 ± 0.4). The number of effective alleles in the Komi population was 3.2 ± 1.0 , and in the animals of the Kirov region – 3.4 ± 1.0 . The actual heterozygosity at all loci in animals of the Komi Republic was lower by 22.4% ($P<0.001$). The highest homozygosity in cows of the Republic was observed for loci INRA23 ($Ho=0.449$) and SPS115 ($Ho=0.579$), and in the sample of animals of the Kirov region for TGLA126 ($Ho=0.771$) and INRA23 ($Ho=0.875$). The fixation index in Ayrshire cattle of the Kirov region was -0.273 ± 0.055 , which is 6.8 times higher ($P<0.001$) compared to the Komi population ($Fis= -0.040\pm 0.015$).

