

Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 3 (16). С. 106-116
Agricultural journal. 2023; 16 (3). P. 106-116

Зоотехния и ветеринария

Научная статья

УДК 636.237.1/ 636.082

DOI 10.48612/FARC/2687-1254/011.3.16.2023

ОЦЕНКА БЫКОВ ЛОКАЛЬНЫХ ПОРОД ПО ПРОДУКТИВНОСТИ ДОЧЕРЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАРКЕРНЫХ АЛЛЕЛЕЙ

Светлана Алексеевна Русанова¹, Екатерина Ряшитовна Гостева²

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур», Тверь, Россия, e-mail: info.sml@fncl.ru

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «ФАНЦ Юго-Востока», Саратов, Россия, e-mail: raiser_saratov@mail.ru

Аннотация. С целью улучшения хозяйственно полезных признаков бурой швицкой породы крупного рогатого скота комбинированного направления продуктивности на территории Смоленской области вместе с отечественными ресурсами применялось импортное поголовье. Для анализа изменения аллелофонда в качестве генетических маркеров использовали аллели EAB-локуса групп крови. Все исследования проведены в лаборатории иммуногенетики ФГБНУ ФНЦ ЛК с помощью 52–65 собственных реагентов, унифицированных в международных испытаниях, в соответствии с установленными методическими рекомендациями. В период с 2000 по 2020 год в племенных хозяйствах Смоленской области использовалось 127 быков-производителей, в их генотипах выявлено 60 аллелей EAB-локуса групп крови. С частой встречаемостью более 5 % среди них выявлены: b, B₂O₃Y₂A₂E₃G¹P¹Q¹Y¹, B₂P₂Y₂G¹Y¹, G₁O¹, G₃O₁T₁Y₂E₃F¹G¹₂, I₁Y₂E₂G¹I¹G¹₁. Наиболее многочисленны животные, в генотипах которых встречались маркерные аллели G₃O₁T₁Y₂E₃F¹G¹₂ и B₁O₃Y₂A₁E₃G¹P¹Q¹Y¹, привнесенные в популяцию импортными быками-производителями. В 2016–2020 годах в породе появились EAB-аллели B₁G₂KY₂E₂F¹G¹O¹G¹₁ и G₃O₁T₁Y₂E₃F¹I¹G¹₂, привнесенные быками Фиат 2517 и Атлет 3075. Частота встречаемости аллелей EAB-локуса, маркирующих наследственность импортных быков-производителей, составила 0,842. EAB-аллели, характерные для отечественной бурой швицкой породы, встречались с частотой 0,122. В генетической структуре стад сохраняются гены животных, привнесенные джерсейскими быками ($\Sigma = 0,023$). Для оценки влияния быков-производителей на генетический потенциал дочерей проанализировали некоторые показатели их молочной продуктивности в семи хозяйствах Смоленской области, имеющих статус племенных. Разница в молочной продуктивности дочерей, унаследовавших разные альтернативные аллели отца, за первую лактацию составляла от 5 до 651 кг молока, до 0,21 % жира и до 0,15 % белка в молоке. За максимальную лактацию между полусестрами отмечена разность: от 1 до 1 218 кг молока, жира – до 0,17 %, белка – до 0,19 %. Анализом удоя, жира и белка в молоке установлено, что дочери, у которых в генотипе выявлены определенные маркеры отца, имеют превосходство над своими полусестрами как по первой лактации, так и по максимальной.

Ключевые слова: генетический маркер, аллели EAB-локуса, группы крови,

крупный рогатый скот, бурая швицкая порода, молочная продуктивность, частота встречаемости.

Для цитирования: Русанова С.А, Гостева Е.Р. Оценка быков локальных пород по продуктивности дочерей с использованием маркерных аллелей // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 3 (16). С. 106-116.

DOI 10.48612/FARC/2687-1254/011.3.16.2023

Zootechny and veterinary science

Original article

EVALUATION OF BULLS OF LOCAL BREEDS BASED ON THE PRODUCTIVITY OF DAUGHTERS WITH THE USE OF MARKER ALLELES

Svetlana A. Rusanova¹, Ekaterina R. Gosteva²

¹Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Research Center for Bast Fiber Crops”, Tver, Russia, e-mail: info.sml@fncl.ru

²Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Center of Agriculture Research of the South- East Region”, Saratov, Russia, e-mail: raiser_saratov@mail.ru

Abstract. In order to improve the economically useful traits of the Brown Swiss breed of cattle of the combined direction of productivity in the Smolensk Region, imported live-stock was used with domestic resources. For the analysis of changes in the allele pool, EAB locus alleles of blood groups were used as genetic markers. All studies were carried out in the laboratory of immunogenetics of the FSBSI Federal Research Center for Bast Fiber Crops using 52-65 proprietary reagents, unified in international tests, in accordance with established guidelines. Between 2000 and 2020, 127 servicing bulls were used in the breeding farms of the Smolensk Region. 60 EAB locus alleles of blood groups were identified in their genotypes. With the frequency of occurrence of more than 5%, the following ones were identified among them: b , $B_2O_3Y_2A_2E_3G'P'Q'Y'$, $B_2P_2Y_2G'Y'$, G_1O' , $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$, $I_1Y_2E_2G'I'G''_1$. The most numerous animals were those whose genotypes contained the marker alleles $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$ and $B_1O_3Y_2A_1E_3G'P'Q'Y'$, which were introduced into the population by imported servicing bulls. In 2016-2020 EAB alleles $B_1G_2KY_2E_2F_2G'I'O'G''_1$ and $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2I'G''_2$ appeared in the breed. They were introduced by Fiat 2517 and Atlet 3075 bulls. Frequency of occurrence of EAB locus alleles, which mark the inheritance of imported servicing bulls, amounted to 0.842. EAB alleles, which are typical for the domestic Brown Swiss breed, occurred with the frequency of 0.122. Animal genes, which were introduced by Jersey bulls, were preserved in the genetic structure of the herds ($\Sigma=0.023$). In order to evaluate the influence of servicing bulls on the genetic potential of daughters, we analyzed some parameters of their milk productivity in 7 breeding farms of the Smolensk Region. During the first lactation, the difference in milk productivity of daughters that inherited different alternative alleles of the father ranged from 5 to 651 kg of milk, up to 0.21% of fat and up to 0.15% of protein in milk. As for the maximum lactation between half-sisters, the difference was established: from 1 to 1218 kg of milk, fat – up to 0.17%, protein – up to 0.19%. By analyzing milk yield, fat and protein in milk, it was established that daughters, which have certain markers of their father in their genotype, have superiority over their half-sisters both in the first and maximum lactations.

Keywords: genetic marker, EAB locus alleles, blood groups, cattle, Brown Swiss

breed, milk productivity, frequency of occurrence

For citation: Rusanova S. A, Gosteva E. R. Evaluation of bulls of local breeds based on the productivity of daughters with the use of marker alleles // Agricultural Journal. 2023. No. 3 (16). P. 106-116. DOI 10.48612/FARC/2687-1254/011.3.16.2023

Введение. Последнее десятилетие наблюдается сокращение численности поголовья крупного рогатого скота, включая скот бурой швицкой породы. В связи с этим перед молочным скотоводством появляются актуальные задачи по повышению продуктивности дойного стада, сохранению генофонда редких и исчезающих пород крупного рогатого скота, исторически разводимых в России [1; 2].

В Смоленской области скот бурой швицкой породы разводят более 135 лет. Для ее совершенствования с помощью иммуногенетических маркеров, начиная с 1972 года, использовали мировой генофонд бурой и частично джерсейской пород. В результате в 2003 году утвержден новый молочный тип «Смоленский» [3].

Широкое генетическое разнообразие животных является гарантом выживаемости пород, а также их дальнейшего прогресса [4–6]. Особое значение при решении этих задач отводится работе с применением современных методических подходов [7; 8]. Для данной цели в качестве генетических маркеров с высокой эффективностью используются группы крови [9; 10]. Маркерные аллели позволяют объективно оценивать генетическую ситуацию в больших массивах животных. Также, в зависимости от наследования потомками альтернативных аллелей EAB-локуса групп крови отцов, можно провести оценку их молочной продуктивности, что определяет актуальность проводимых исследований.

Цель исследований – на основе иммуногенетического мониторинга изучить показатели молочной продуктивности дочерей быков-производителей бурой швицкой породы на современном этапе селекционного процесса.

Материалы и методы исследований. Объект изучения – племенные коровы бурой швицкой породы, а также быки-производители, поставленные на головное племпредприятие области.

Лабораторные исследования проводились на базе лаборатории зоотехнологий ОП Смоленский НИИСХ ФБНУ ФНЦ ЛК и семи агроформирований области, имеющих статус племенных, с применением 52–65 реагентов собственного производства, унифицированных в международных испытаниях. Генетический анализ осуществлялся с использованием маркерных аллелей EAB-локуса групп крови [11–13].

Аллелофонд быков-производителей (127 голов) исследовался с 2001 года (период разведения коров типа Смоленский); далее через каждые пять лет (промежуток между сменой поколений) до 2020 года.

Молочная продуктивность коров (3 434 головы) оценивалась на протяжении 20 лет с учетом наследования аллелей EAB-локуса групп крови их отцов за первую и максимальную лактации по некоторым показателям: удой (кг), содержание жира в молоке (%) и содержание белка в молоке (%).

Для оценки мониторинга аллелофонда быков-производителей были просчитана частота встречаемости аллелей и коэффициент гомозиготности.

Генетическая экспертиза происхождения крупного рогатого скота осуществлялась на сертифицированном оборудовании лаборатории зоотехнологий ОП Смоленский НИИСХ ФБНУ ФНЦ ЛК (г. Смоленск).

Статистические исследования выполнены посредством «Microsoft Office Excel». Обработка данных включала подсчет среднего значения (M) и стандартные ошибки среднего значения (\pm SEM). Достоверность разницы сравниваемых показателей выполнены по t-критерию Стьюдента.

Результаты исследований и их обсуждение. По данным анализа в период 2001–2020 годы в племенных хозяйствах использовались 127 быков-производителей бурой швицкой породы, в генотипах которых встречались 60 аллелей EAB-локуса групп крови (от 19 до 34 в зависимости от периода исследований) (таблица 1).

Таблица 1

Мониторинг аллелей EAB-локуса групп крови быков-производителей бурой швицкой породы крупного рогатого скота, использовавшихся в племенных стадах в 2001–2020 годы

Основные аллели EAB-локуса групп крови	Период использования				2000–2020 n = 127
	2001–2005 n = 64	2006–2010 n = 64	2011–2015 n = 36	2016–2020 n = 27	
b	0,073	0,065	0,057	0,004	0,070
A ₁ D'	0,014	0,007			0,004
B ₁ G ₂ KE' ₂ F' ₂ O'	0,011	0,012	0,057	0,016	0,027
B ₁ G ₂ KY ₂ E' ₂ F' ₂ O' ₁ G'' ₁	0,057	0,060	0,046	0,056	0,047
B ₁ I ₁ Q	0,006				0,006
B ₂ I ₂ A' ₂ D'G'Q'	0,025	0,042	0,033	0,013	0,026
B ₂ O ₃ Y ₂ A' ₂ E' ₃ G'P'Q'Y'	0,118	0,117	0,105	0,137	0,108
B ₂ P ₂ Y ₂ G'Y'	0,055	0,070	0,063	0,081	0,084
G ₁ O'	0,081	0,130	0,094	0,053	0,079
G ₂ E' ₂	0,003	0,028			0,004
G ₂ O ₁ E' ₂ I'	0,013		0,028		0,023
G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E' ₃ F' ₂ G'' ₂	0,288	0,185	0,330	0,500	0,276
G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E' ₃ F' ₂ I'G'' ₂				0,042	0,014
I'	0,007	0,011	0,002		0,007
I ₁	0,032				0,009
I ₁ O ₁ QA' ₁	0,003	0,049	0,001	0,013	0,022
I ₁ Y ₂	0,001	0,005	0,009	0,019	0,007
I ₁ Y ₂ E' ₂ G'I'G'' ₁	0,071	0,063	0,037	0,013	0,055
O'	0,033	0,013	0,006	0,007	0,013
O ₁	0,031	0,027			0,015
O ₂ E' ₂ G'' ₁	0,038	0,030		0,023	0,018
P ₂ I'	0,001		0,000		0,004
QE' ₂ O'	0,002				0,006
Y ₂		0,021	0,065	0,001	0,024
Y ₂ A' ₂ Q'		0,032	0,055	0,001	0,021
Y ₂ E' ₂ G'Y'G'' ₁	0,014	0,009			0,005
Всего аллелей	34	27	21	19	41
Другие аллели	11	7	4	3	15
Их суммарная частота	0,026	0,022	0,012	0,019	0,024
Коэффициент гомозиготности	12,6	9,0	15,2	28,6	11,6

У используемых быков с частотой встречаемости 5 % и более установлены ЕАВ-аллели: b , $B_2O_3Y_2A'_2E'_3G'P'Q'Y'$, $B_2P_2Y_2G'Y'$, G_1O' , $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G''_2$, $I_1Y_2E'_2G'I'G''_1$. Частота встречаемости ЕАВ-аллелей $B_1G_2KE'_2F'_2O'$, $B_1G_2KY_2E'_2F'_2O'G''_1$, $B_2I_2A'_2D'G'Q'$, $G_2O_1E'_2I'$, $I_1O_1QA'_1$, Y_2 , $Y_2A'_2Q'$ варьировалась от 0,021 до 0,047. Остальные 28 аллелей встречались с частотой до 1,5 %. Наиболее многочисленны в породе животные, генотипы которых насыщены аллелями ЕАВ-локуса $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G''_2$ и $B_1O_3Y_2A'_1E'_3G'P'Q'Y'$, привнесенными в стада быками-производителями бурой швицкой породы селекции США. Если в 2001–2005 годах количество быков-производителей с маркером $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G''_2$ составляло 28,8 % от общего количества быков, то к 2020 году их численность возросла до 50 %.

В породе появились ЕАВ-аллели $B_1G_2KY_2E'_2F'_2G'I'O'G''_1$ и $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2I'G''_2$, которых ранее у животных бурой швицкой породы не было. Эти аллели передаются потомкам от быков-производителей Фиат 2517 и Атлет 3075, привезенных из племенного хозяйства ООО «Вера» Ростовской области.

Из 19 основных аллелей ЕАВ-локуса групп крови, встречающихся среди быков-производителей последние пять лет, восемь аллелей ($G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G''_2$, $B_2O_3Y_2A'_2E'_3G'P'Q'Y'$, $B_2P_2Y_2G'Y'$, $I_1Y_2E'_1G'I'G''_1$, $B_1G_2KY_2E'_2F'_2O'G''_1$, $B_2I_2A'_1D'G'Q'$, $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2I'G''_2$, $B_1G_2KY_2E'_1F'_2G'O'G''_1$) маркируют наследственность, полученную от импортных быков бурой швицкой породы селекции США. Частота встречаемости этих аллелей составила 0,842.

Частота аллелей ЕАВ-локуса групп крови, маркирующих наследственность отечественной швицкой породы, составила 0,122. Наиболее распространен у потомков аллель G_1O' ($\Sigma = 0,053$). В генетической структуре сохраняются и ярко прослеживаются аллели животных, характерные для джерсейской породы – $O_2E'_1G'_2$ и $G_2O_1E'_1I'$, выявленные с частотой встречаемости 0,023. В связи с повышением концентрации отдельных маркеров в популяции постепенно возрастает уровень гомозиготности и сокращается количество эффективных ЕАВ-аллелей.

Разность в молочной продуктивности дочерей оцениваемых быков при наследовании разных аллелей ЕАВ-локуса отца составляла по первой лактации от 5 до 651 кг молока, по содержанию жира в молоке – до 0,21 %, белка – до 0,15 %. По максимальной лактации разница между полусестрами равнялась от 1 до 1 218 кг молока, жира – до 0,17 %, белка – до 0,19 % (таблица 2).

По первой лактации статистически значимая разность по удою на 232 кг молока отмечена у дочерей быка Эмпит 79093 ($p \leq 0,01$), унаследовавших аллель ЕАВ-локуса $B_2P_2Y_2G'Y'$, по сравнению с полусестрами, унаследовавшими альтернативный аллель $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G''_2$. Содержание белка в молоке дочерей быка Штурм 10450 с альтернативным ЕАВ^{IIY2Y'} достоверно больше полусестер с ЕАВ^{B2P2Y2G/Y'} на 0,10 % ($p \leq 0,01$). Дочери быка Нил 228349, в генотипе которых встречался ЕАВ^{B2O3Y2A/2E/3G/P/Q/Y'}, и быка Пеликан 4528 с ЕАВ^b превосходили своих полусестер по содержанию жира в молоке на 0,17 % ($p \leq 0,01$) и 0,07 % ($p \leq 0,05$) соответственно.

По содержанию белка в молоке отмечена статистически значимая разность на 0,07 % ($p \leq 0,01$) среди дочерей быков-производителей Альман 6519482, унаследовавших отцовский ЕАВ-аллель $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G''_2$, и Нильс 166 с аллелем $B_1I'Q'$ – на 0,19 % ($p \leq 0,01$), по сравнению с полусестрами.

Таблица 2

Молочная продуктивность дочерей быков-производителей
бурой швицкой породы с учетом наследования альтернативных аллелей EAB-локуса
групп крови отца

Кличка и №	Аллель EAB-локуса	Первая лактация				Максимальная лактация			
		n	удой, кг	жир, %	белок, %	n	удой, кг	жир, %	белок, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Альман 6519482	G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ₂ ^{//}	27	3759± 195	3,85± 0,03	3,26± 0,03	31	5986± 263	3,94± 0,05	3,30± 0,02
	B ₂ O ₃ Y ₂ A ₂ E ₃ G ₃ P [/] Q [/] Y [/]	25	3842± 221	3,80± 0,03	3,25± 0,02	34	6032± 201	3,92± 0,04	3,23± 0,02
	Разница		83	0,05	0,01		46	0,02	0,07**
Гонец 5129	B ₁ I ₁ Q	19	3004± 111	3,67± 0,02		19	4966± 273	3,84± 0,09	3,25± 0,07
	I ₁ Y ₂ E ₂ G [/] I [/] G ^{//} ₁	20	2719± 153	3,69± 0,01		20	4811± 183	3,74± 0,07	3,16± 0,03
	Разница		285	0,02			155	0,10	0,09
Горох 2296	B ₁ G ₂ K ₂ E ₂ F ₂ O [/]	18	5245± 197	3,86± 0,03	3,33± 0,02	11	6464± 514	3,86± 0,05	3,34± 0,01
	G ₁ O [/]	18	4594± 203	3,86± 0,01	3,37± 0,03	12	5740± 282	3,88± 0,02	3,32± 0,02
	Разница		651	0,00	0,04		724	0,02	0,02
Данкер 173353	I ₁ Y ₂ E ₂ G [/] I [/] G ^{//} ₁	25	5155± 139	3,84±0, 03	3,39±0, 01	11	5967±5 55	3,76±0,0 4	3,31± 0,02
	B ₁ I ₁ Q	24	5282± 176	3,84±0, 02	3,37±0, 02	8	6050±5 66	3,83±0,0 2	3,31± 0,02
	Разница		127	0,00	0,02		83	0,07	0,00
Конкурс 7144	B ₂ O ₃ Y ₂ A ₂ E ₃ G ₃ P [/] Q [/] Y [/]	43	3775± 125	3,73±0, 03	3,23±0, 04	59	5409±1 38	3,92±0,0 3	3,22± 0,02
	b	42	3532± 107	3,73±0, 03	3,31±0, 04	57	5398±1 46	3,89±0,0 3	3,27± 0,02
	Разница		243	0,00	0,08		11	0,03	0,05
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Неон 251246	O ₁	12	4916± 366	3,98± 0,06	3,32± 0,04	12	5685± 214	3,93± 0,05	3,33± 0,04
	B ₂ O ₃ Y ₂ A ₂ E ₃ G ₃ P [/] Q [/] Y [/]	36	4761± 137	3,80± 0,02	3,22± 0,02	36	5402± 161	3,82± 0,03	3,22± 0,01
	Разница		155	0,18	0,10		283	0,11	0,11
Нил 228349	I ₁ Y ₂ E ₂ G [/] I [/] G ^{//} ₁	29	4400± 130	3,79± 0,03	3,22± 0,03	29	5482± 160	3,81± 0,03	3,19± 0,03
	B ₂ O ₃ Y ₂ A ₂ E ₃ G ₃ P [/] Q [/] Y [/]	22	4689± 242	3,89± 0,07	3,23± 0,02	22	5632± 234	3,98± 0,06	3,20± 0,03
	Разница		289	0,10	0,01		150	0,17**	0,01
Нильс 166	B ₁ I [/] Q [/]	11	4926± 210	5,02±0, 12	3,68± 0,07	11	5234± 204	5,25± 0,09	3,72± 0,04
	G ₃ O ₁ T ₁ E ₃ F ₂ K [/] Q [/]	12	4694± 282	5,14± 0,10	3,83± 0,08	5	5773± 454	5,17± 0,21	3,53± 0,05
	Разница		232	0,12	0,15		539	0,08	0,19**

<i>Продолжение таблицы 2</i>									
Ноктюрн 365	$V_1G_2KE'_2F'_2O'$	109	4442± 78	4,25± 0,03	3,41± 0,01	110	5587± 153	4,05± 0,03	3,47± 0,02
	$V_1G_2KY_2E'_2F'_2O'/G$ // ₁	94	4166±9 7	4,20± 0,04	3,40± 0,01	94	5022± 159	4,03± 0,02	3,42± 0,02
	Разница		276	0,05	0,01		565**	0,02	0,05
Пеликан 4528	b	10	4540±2 48	3,82± 0,04	3,30± 0,02	16	5686± 317	3,84± 0,03	3,32± 0,02
	$I_1O_1QA'_1$	11	5021± 179	3,80± 0,03	3,31± 0,01	16	6758± 380	3,77± 0,02	3,27± 0,01
	Разница		481	0,02	0,01		1042	0,07*	0,05
Танец 1467	b	20	4479± 134	4,06± 0,07	3,33± 0,02	11	5493± 295	3,98± 0,06	3,33± 0,03
	$G_2O_1E'_2I'$	29	4312± 156	4,00± 0,03	3,35± 0,02	12	5530± 357	3,90± 0,08	3,30± 0,02
	Разница		167	0,06	0,02		37	0,08	0,03
Фасон 2655	$V_2P_2Y_2G'Y'$	35	6062± 177	4,07± 0,03	3,48± 0,03	35	6062± 177	4,07± 0,03	3,48± 0,03
	$G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G''_2$	37	5458± 129	4,06± 0,03	3,50± 0,03	37	5554± 143	4,04± 0,03	3,50± 0,03
	Разница		604	0,01	0,02		508	0,03	0,02
Штри- фтус 22004	$V_2P_2Y_2G'Y'$	37	4966± 155	4,14± 0,09	3,38± 0,02	14	6700± 358	3,88± 0,03	3,30± 0,02
	$I_1QE'_2J'_2O'$	35	4866± 157	4,17± 0,09	3,38± 0,02	13	5845± 282	3,93± 0,05	3,38± 0,02
	Разница		100	0,03	0,00		855	0,05	0,08**
Штурм 10450	$V_2P_2Y_2G'Y'$	20	4772± 190	4,03± 0,03	3,32± 0,02	20	4691± 154	4,00± 0,04	3,33± 0,02
	I_1Y_2Y'	14	4516± 224	3,98± 0,04	3,42± 0,03	12	4803± 194	4,05± 0,08	3,41± 0,04
	Разница		256	0,05	0,10**		112	0,05	0,08
Эмпит 79093	$V_2P_2Y_2G'Y'$	176	5009± 64	3,98± 0,01	3,34± 0,01	176	5931± 90	4,02± 0,01	3,37± 0,01
	$G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G''_2$	171	4777± 63	3,97± 0,01	3,34± 0,01	171	5701± 88	4,02± 0,02	3,36± 0,01
	Разница		232**	0,01	0,00		230	0,00	0,01
Эрлинг 106	$V_1G_2KOYA'_1B/G$ $K'O'Y'G''_2$	17	5070± 213	5,14± 0,07	3,83± 0,06	11	5244± 330	5,37± 0,08	3,64± 0,06
	$O_2E'_3G''_1$	10	4976± 316	4,93± 0,10	3,88± 0,12	8	5462± 414	5,30± 0,08	3,60± 0,03
	Разница		94	0,21	0,05		218	0,07	0,04

Примечание: * – ($p \leq 0,05$) ** – ($p \leq 0,01$) – уровни значимости разность между показателями.

От дочерей быка-производителя Фасон 2655 с маркером $V_2P_2Y_2G'Y'$ получили на 600 кг по первой и на 508 кг молока по максимальной лактации больше, чем от полусестер с альтернативным маркером $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G''_2$. Потомки быка Горох 2296, в генотипе которых встречался аллель EAB-локуса $V_1G_2KE'_2F'_2O'$, на 651 кг молока по первой лактации и на 724 кг по максимальной опережали полусестер, унаследовавших аллель G_1O' . Животные, унаследовавшие EAB^b от быка-производителя Пеликан 4528, уступали по удою своим полусестрам с EAB^{101QA/1} по первой и максимальной лактациям на 481 кг и на 1 042 кг молока соответственно.

Схожие результаты можно привести по содержанию жира и белка в молоке у дочерей следующих быков: Альман 6519482, Конкурс 7144, Неон 251246, Танец 1467, Эрлинг 106.

Дочери быка Ноктюрн 365, унаследовавшие EAB-аллель $V_1G_2KY_2E'_2F'_2O'/G''_1$, уступали по показателям молочной продуктивности своим полусестрам с аллелем EAB-локуса $V_1G_2KE'_2F'_2O'$ по первой и максимальной лактациям. По максимальной лактации последние на 565 кг молока превосходили своих полусестер с альтернативным аллелем $V_1G_2KY_2E'_2F'_2O'/G''_1$ (разница достоверна, $p \leq 0,01$).

У дочерей быка Штрифтус 22004 прослеживается следующая закономерность: потомки, унаследовавшие аллель EAB-локуса $V_2P_2Y_2G'Y'$, опережали своих полусестер с EAB^{11QE/2J2O'} по удою. Последние на 0,08 % ($p \leq 0,01$) превосходили своих полусестер по содержанию жира и белка в молоке. Эта закономерность прослеживается по первой и по максимальной лактациям.

При анализе жирномолочности дочерей быка-производителя Данкер 173353 установлено, что потомки с маркером V_1I_1Q превосходили своих полусестер с маркером $I_1Y_2E'_2G'I'_1$ по жиру на 0,10 % ($p \leq 0,05$). Выявленное превосходство животных – носителей EAB^{B11Q} по жирномолочности сохранилось также у дочерей его сына – быка Гонец 5129, опережавших по содержанию жира в молоке своих полусестер на 0,10 %.

Для анализа изменения генетической структуры породы в периоды ее совершенствования использовали EAB-локус групп крови по причине его широкого полиморфизма [14–16]. Выявленное нами количество аллелей среди быков-производителей (60 аллелей EAB-локуса) говорит о широком генетическом разнообразии. Однако в генетической структуре отечественных пород с участием генов внешних пород происходят изменения. С целью сохранения ценных генетических особенностей бурой швицкой породы необходимо контролировать направленность данных изменений, выявлять и сохранять новые оптимальные варианты. Основная причина изменения аллелофонда стада – быки-производители.

Животные, в генотипах которых выявлены аллели EAB-локуса групп крови, привнесенные в популяцию импортными быками-производителями, являются самыми многочисленными в породе (84 %). В настоящее время их потомки интенсивно используются при разведении животных. Быков-производителей, генотипы которых насыщены аллелями, характерными для отечественной бурой швицкой породы, установлено 12 %. Аллели EAB-локуса, унаследованные потомками от быков-производителей бурой швицкой породы американской селекции, постепенно заменяют аллели, характерные для местной популяции. Вследствие повышения концентрации отдельных маркерных генов в популяции бурой швицкой породы растет уровень гомозиготности и сокращается количество эффективных аллелей EAB-локуса.

Установлено, что дочери, наследовавшие альтернативные маркеры EAB-локуса групп крови отцов, имели значительные различия по показателям молочной продуктивности за первую и за максимальную лактации. Разница может прослеживаться в нескольких поколениях. В селекционно-племенной работе это может применяться при направленном подборе родителей с целью получения потомков с ценными генетическими ресурсами.

Сравнительная оценка молочной продуктивности дочерей с альтернативными аллелями отцов между первой и максимальной лактациями показала, что животные с отдельными аллелями EAB-локуса, имеющие превосходство над полусестрами по первой лактации, сохраняют более высокие показатели продуктивности и по максимальной

ной лактации.

Отмечено также, что выявленное превосходство животных – носителей определенных аллелей EAB-локуса групп крови быков-производителей бурой швицкой породы сохранилось также среди потомков их сыновей.

Следовательно, выявленные аллели EAB-локуса групп крови, возможно, маркируют наследственные особенности быков, обуславливающие более высокий генетический потенциал молочной продуктивности.

Заключение. Основное влияние на генофонд породы оказывают генотипы и интенсивность использования отдельных быков-производителей, а также селекционный отбор животных, удовлетворяющих предъявляемым к ним требованиям. Таким образом, отмечено накопление в породе маркерных аллелей, характерных для импортных быков бурой швицкой породы американской селекции. По полученным результатам оценки продуктивности дочерей быков-производителей бурой швицкой породы с учетом наследования альтернативных EAB-аллелей отца установлено, что генетический потенциал молочной продуктивности дочерей быков зависел от унаследованных EAB-аллелей групп крови. Анализ молочной продуктивности дочерей с учетом расщепления отцовского генотипа позволяет выявлять и распространять среди потомков ценные маркерные аллели отца при помощи планомерной селекции.

Список источников

1. Шевхужев А.Ф., Погодаев В.А. Мясная продуктивность бычков симментальской породы и помесей с кровностью ($\frac{1}{2}$ симментальская + $\frac{1}{2}$ абердин-ангусская), ($\frac{1}{2}$ симментальская + $\frac{1}{2}$ калмыцкая) // Аграрный научный журнал. 2023. № 4. С. 92–99.
2. Генетические ресурсы животных: развитие исследований аллелофонда российских пород крупного рогатого скота – миниобзор / Н.А. Зиновьева, А.А. Сермягин, А.В. Доцев и др. // Сельскохозяйственная биология. 2019. № 4. Т. 54. С. 631–641.
3. Бурая швицкая порода крупного рогатого скота: монография / В.М. Новиков [и др.]. Смоленск «Смоленская городская типография». 2017. 153 с.
4. Погодаев В.А., Сангаджиев Д.А. Генеалогическая структура стада крупного рогатого скота калмыцкой породы племенного завода «Улан-Хееч» республики Калмыкия // Инновационные технологии в сельском хозяйстве, ветеринарии и пищевой промышленности. Сборник научных статей по материалам 84-й научно-практической конференции. 2019. С. 197–203.
5. Селекционно-генетическая ситуация в популяции бурого швицкого скота Смоленской области / А.С. Герасимова, В.И. Дмитриева, Е.А. Прищеп и др. // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 4 (388). С. 386–390.
6. Хозяйственно-полезные признаки бурого швицкого и симментальского скота при содержании в горной зоне / М.Б. Улимбашев, В.В. Кулинцев, Е.Р. Гостева и др. // Зоотехния. 2021. № 7. С. 2–6.
7. ДНК маркеры и «микросателлитный код» / В.И. Глазко, Г.Ю. Косовский, Т.Т. Глазко и др. // Сельскохозяйственная биология. 2023. № 2. Т. 58. С. 223–248.
8. Карташова А.П., Фирсова Э.В. Эффективность использования VLUP при анализе генеалогических групп // Достижения науки и техники АПК. 2022. № 10. Т. 36. С. 66–71.
9. Анисимова Е.И. Иммуногенетические показатели в селекции крупного рогатого скота симментальской породы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. № 4. Т.20. С. 398–406.

10. Генетическая экспертиза племенной продукции в животноводстве по группам крови и маркерам ДНК / С.Е. Тяпугин, Л.А. Калашникова, А.А. Новиков и др. // Зоотехния. 2022. № 5. С. 2–5.
11. Животовский Л.А., Машуров А.М. Методические рекомендации по статистическому анализу иммуногенетических данных для использования в селекции животных. Дубровицы. 1974. 30 с.
12. Плохинский Н.А. Биометрия. М.: Изд. Московского университета. 1970. 367 с.
13. Сороковой П.Ф. Методические рекомендации по исследованию и использованию групп крови в селекции крупного рогатого скота. Дубровицы. 1974. 40 с.
14. Русанова С.А., Гонтов М.Е., Кольцов Д.Н. Генетические особенности высокопродуктивных коров бурой швицкой породы // Аграрный научный журнал. 2022. № 3. С. 66–70.
15. Русанова С.А., Гонтов М.Е., Кольцов Д.Н. Изменение генеалогической структуры бурой швицкой породы в процессе селекции // Аграрный научный журнал. 2020. № 12. С. 68–71.
16. Характеристика семейств стада бурой швицкой породы по продуктивным и генетическим показателям / С.А. Андреева, В.И. Дмитриева, Д.Н. Кольцов и др. // АгроЗооТехника. 2019. № 2. Т. 2. С. 1–9.

References

1. Shevkhuzhev A.F., Pogodaev V.A. Meat productivity of bull calves of the Simmental breed and crossbreds with blood relationship ($\frac{1}{2}$ Simmental + $\frac{1}{2}$ Aberdeen Angus), ($\frac{1}{2}$ Simmental + $\frac{1}{2}$ Kalmyk) // Agricultural Scientific Journal. 2023. No. 4. pp. 92-99.
2. Genetic resources of animals: development of studies of the allele pool of Russian cattle breeds – mini-review / N.A. Zinoveva, A.A. Sermyagin, A.V. Dotsev et al. // Agricultural biology. 2019. No. 4. V. 54. pp. 631-641.
3. Brown Swiss breed of cattle: monograph / V.M. Novikov [et al.]. Smolensk “Smolensk City Printing House”. 2017. 153 p.
4. Pogodaev V.A., Sangadzhiev D.A. Genealogical structure of the Kalmyk breed cattle herd of the breeding farm “Ulan-Kheech” of the Republic of Kalmykia” // Innovative technologies in agriculture, veterinary medicine and food industry. Collection of scientific articles based on the materials of the 84th scientific and practical conference. 2019. pp. 197-203.
5. Selection and genetic situation in the population of brown Swiss cattle in the Smolensk Region / A.S. Gerasimova, V.I. Dmitrieva, E.A. Prishchep et al. // International Agricultural Journal. 2022. No. 4 (388). pp. 386-390.
6. Economically useful characteristics of brown Swiss and Simmental cattle when kept in a mountain zone / M.B. Ulimbashev, V.V. Kulintsev, E.R. Gosteva et al. // Zootechniya. 2021. No. 7. pp. 2-6.
7. DNA markers and “microsatellite code” / V.I. Glazko, G.Yu. Kosovskii, T.T. Glazko et al. // Agricultural biology. 2023. No. 2. V. 58. pp. 223-248.
8. Kartashova A.P., Firsova E.V. Efficiency of using BLUP in the analysis of genealogical groups // Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2022. No. 10. V. 36. pp. 66-71.
9. Anisimova E.I. Immunogenetic indicators in the selection of Simmental cattle // Agrarian science of the Euro-North-East. 2019. No. 4. V.20. pp. 398-406.
10. Genetic testing of breeding products in animal husbandry based on blood groups and DNA

- markers / S.E. Tyapugin, L.A. Kalashnikova, A.A. Novikov et al. // Zootechniya. 2022. No. 5. pp. 2-5.
11. Zhivotovskii L.A., Mashurov A.M. Guidelines for statistical analysis of immunogenetic data for the use in animal breeding. Dubrovitsy. 1974. 30 p.
 12. Plokhinskii N.A. Biometrics. M.: Publishing house of Moscow University. 1970. 367 p.
 13. Sorokovoi P.F. Guidelines for the study and use of blood groups in cattle breeding. Dubrovitsy. 1974. 40 p.
 14. Rusanova S.A., Gontov M.E., Koltsov D.N. Genetic characteristics of highly productive Brown Swiss cows // Agrarian scientific journal. 2022. No. 3. pp. 66-70.
 15. Rusanova S.A., Gontov M.E., Koltsov D.N. Changes in the genealogical structure of the Brown Swiss breed during the selection process // Agrarian scientific journal. 2020. No. 12. pp.68-71.
 16. Characteristics of Brown Swiss herd families according to productive and genetic indicators / S.A. Andreeva, V.I. Dmitrieva, D.N. Koltsov et al. // AgroZooTekhnika. 2019. No. 2. V. 2. pp. 1-9.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2019-0012).

Информация об авторах

С.А. Русанова – научный сотрудник лаборатории зоотехнологий. Тел.: +79529924877.
E-mail: s.andreeva.sml@fncl.ru
Е.Р. Гостева – доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник. Тел.: +7 (8452) 64-76-88.
E-mail: ekagosteva@yandex.ru

Information about the authors

S.A. Rusanova – Research Fellow of Animal Technology Laboratory. Tel.: +79529924877.
E-mail: s.andreeva.sml@fncl.ru
E.R. Gosteva – Doctor of Agricultural Science, Chief Researcher. Tel.: +7 (8452) 64-76-88.
E-mail: ekagosteva@yandex.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 04.09.2023; одобрена после рецензирования 15.09.2023; принята к публикации 18.09.2023.

The article was submitted 04.09.2023; approved after reviewing 15.09.2023; accepted for publication 18.09.2023.