

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СТАДА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА СЫЧЕВСКОЙ ПОРОДЫ

Валентина Ивановна Дмитриева, кандидат сельскохозяйственных наук
Дмитрий Николаевич Кольцов, кандидат сельскохозяйственных наук
Михаил Елисеевич Гонтов, кандидат сельскохозяйственных наук
ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Смоленск, Россия
E-mail: koltsovdm@yandex.ru

Аннотация. В АО «Смоленское» изучена (2006–2020 годы) динамика изменения аллелофонда стада по генетическим маркерам групп крови с периодом в пять лет. Выявлено сокращение числа EAB-аллелей у быков-производителей с 29 до 16, коров – с 39 до 33. Частота встречаемости 12–13 основных EAB-аллелей в стаде – 0,737–0,753, породе – 0,778. Во все периоды мониторинга EAB-аллели $G_2Y_2E_1Q$, Y_1A_1 , $E_3G'G''$, Q встречались с частотой 4% и выше. Отмечено повышение уровня гомозиготности по маточному поголовью на 1,1%, быкам-производителям – более чем на 3%. Установлена встречаемость аллелей EAB-локуса $B_2 \pm G_2O_1Y_2D'E_2G''$, E_3G' , $E_3G'G''$, $G_2T_2Y_2A_1B'D'G'I'Q'Y'B''$, G_1A_1 за 2020 год с суммарной частотой в стаде 0,318, породе – 0,120. У 13% коров стада имеются EAB-аллели A_1B' , B_1I_1Q , $O_1I'Q$, $G_3O_1T_1A_2E_3F_2K'G''$, I_1Y_2I' , в породе – у 22,3%. Выявлено, что аллели голштинской породы в разные периоды встречались соответственно у 43,3, 25,9, 61,7% коров, сычевской – 19,2, 36,0, 23,2%. Индекс генетического сходства между животными племенных хозяйств сычевской породы – 0,632–0,884, между животными стада и породы – 0,750–0,855. У быков разница в продуктивности дочерей в пользу того или иного преферентного аллеля от производителя составила по первой лактации 61–1403 кг молока, 0,01–0,15% жира и до 0,06% белка. По максимальной лактации различия в удое – 26–1083 кг молока, содержанию жира – 0,02–0,19%, белка – 0,01–0,06%.

Ключевые слова: EAB-аллели, генетический мониторинг, частота встречаемости, группы крови, селекция, гомозиготность, продуктивность

GENETIC MONITORING CATTLE A HERD OF THE SYCHEV BREED

V.I. Dmitrieva, PhD in Agricultural Sciences
D.N. Koltsov, PhD in Agricultural Sciences
M.E. Gontov, PhD in Agricultural Sciences

Federal State Budgetary Research Institution “Federal Research Center for Bast Fiber Crops”, Smolensk, Russia
E-mail: koltsovdm@yandex.ru

Abstract. According to the results of immunogenetic studies (2006–2020), the dynamics of changes in the herd allelofond according to genetic markers of blood groups with a period of five years was studied in JSC Smolenskoye for breeding work. A reduction in the number of EAB alleles in breeding bulls from 29 to 16, in cows from 39 to 33 was revealed. The frequency of occurrence of 12–13 main EAB alleles in the herd is 0.737–0.753, in the breed – 0.778. During all monitoring periods, the EAB alleles – $G_2Y_2E_1Q$, Y_1A_1 , $E_3G'G''$, Q were found with a frequency of 4% and higher. There was an increase in the level of homozygosity for dam stock by 1.1%, for producing bulls – by more than 3%. It was found that in the herd for 2020 with a total frequency of 0.318, there are alleles of the EAB locus $B_2 \pm G_2O_1Y_2D'E_2G''$, E_3G' , $E_3G'G''$, $G_2T_2Y_2A_1B'D'G'I'Q'Y'B''$, G_1A_1 . The frequency of their occurrence by breed is 0.120. In 13% of cows of the herd, there are EAB alleles A_1B' , B_1I_1Q , $O_1I'Q$, $G_3O_1T_1A_2E_3F_2K'G''$, I_1Y_2I' , in the breed they occur in 22.3% of animals. It was revealed that alleles of the Holstein breed in different periods were found, respectively, in 43.3, 25.9, 61.7 percent of cows, alleles of the breed of Sychevka – in 19.2, 36.0, 23.2%. The index of genetic similarity between the breeding farms of the breed of Sychevka varied from 0.632–0.884, between the animals of the herd and the breed it was 0.750–0.855. We note that in bulls evaluated by the quality of offspring, the difference in the productivity of daughters in favor of one or another preferential allele from the producer was 61–1403 kg of milk, 0.01–0.15% fat and up to 0.06 percent protein for the first lactation. According to the highest lactation, the differences in milk yield are 26–1083 kg of milk, in fat content – 0.02–0.19%, protein 0.01–0.06%.

Keywords: EAB-alleles, genetic monitoring, frequency of occurrence, blood groups, selection, homozygosity, productivity

Повышению эффективности селекционно-племенной работы способствуют новые методы и приемы. [5, 7, 10] Генетическое маркирование по группам крови широко применяют при совершенствовании скота многих пород. [1, 6, 11, 13]

Исследования групп крови крупного рогатого скота швицкой и сычевской пород, районированных в Смоленской области, для использования генети-

ческих маркеров в теоретической и практической селекции проводят с 1972 года. Они помогают изучить влияние селекционных процессов на формирование генетической структуры породы. В племенных хозяйствах ежегодно определяют группы крови у всех животных, оставляемых для ремонта собственного стада и племенных продаж. Стадо крупного рогатого скота АО «Смоленское» сформи-

* Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК (тема FGSS-2019-0012) / The work was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the state task of the Federal State Budgetary Research Center LC (topic FGSS-2019-0012).

ровано на основе *сычевской* породы, выведенной в племенных заводах и репродукторах Смоленской области. До 1985 года *сычевская* порода совершенствовалась по принципу «закрытой» популяции при ограниченном завозе быков-производителей из разных регионов, преимущественно родственной *симментальской* породы. Затем для улучшения продуктивных и технологических качеств *сычевского* скота начали массово использовать *голитинскую* породу красно-пестрой масти, что положительно повлияло на эффективность селекции по продуктивным показателям. Наряду с улучшением хозяйственно полезных признаков в породе произошло значительное изменение спектра аллелофонда групп крови EAB-локуса. [2, 3] Иммуногенетический мониторинг контролирует изменения в генофонде и нарастание в стаде гомозиготности, последствия которой аналогичны прямому инбридингу. [8]

Наследственное разнообразие животных из десяти известных типов генетических систем в большей степени отражают группы крови полиаллельной EAB-системы, которые чаще всего используют в качестве генов-маркеров. Исследования по изучению генетической структуры стада с использованием таких маркеров как критерий изменения в поколениях наследственной информации, имеют актуальное значение.

Цель работы – проанализировать современное состояние аллелофонда *сычевской* породы в стаде АО «Смоленское» по маркерным аллелям EAB-локуса групп крови и его изменение в процессе селекции; изучить генетическую структуру стада по аллелям EAB-локуса групп крови по периодам мониторинга; выявить аллели, определяющие группы крови, рассчитать частоту их встречаемости по периодам исследования; сравнить аллелофонд стада во времени и с породой; выделить основные маркерные EAB-аллели стада; установить генетическое сходство с животными *сычевской* породы из племенных хозяйств области; оценить племенную значимость быков-производителей по преферентным EAB-аллелям.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования провели на базе лаборатории зоотехнологий ОП Смоленский НИИСХ Федерального научного центра лубяных культур и племенного завода по разведению скота *сычевской* породы АО «Смоленское». В работе руководствовались данными внутрихозяйственного племенного учета программы «СЭЛЕКС – Молочный скот» с 2006 по 2020 год.

Изменения в аллелофонде стада изучали по пятилетним периодам: 2006–2010, 2011–2015, 2016–2020 годы.

Группы крови определяли, используя 50...60 реagens собственного производства, унифицированных в международных испытаниях. Постановку гемолитических тестов, установление генотипов, частоту встречаемости аллелей проводили по общепринятым методикам. [14] Цифровой материал обрабатывали методом популяционного анализа и биометрии в программе Microsoft Excel 2007. [9] Достоверность различий устанавливали по критерии

рию Стьюдента при уровнях значимости: $p \leq 0,05$; $p \leq 0,01$; $p \leq 0,001$. Степень генетического сходства рассчитывали общепринятым методом. [4]

РЕЗУЛЬТАТЫ

Основной источник изменения аллелофонда – быки-производители. С 2005 по 2019 год в племенном заводе было задействовано 32 быка *сычевской*, *голитинской* (красно-пестрая масть) и *симментальской* пород. Частота встречаемости EAB-аллелей групп крови в аллелофонде стада зависит во многом от интенсивности использования отдельных быков, разведения с учетом определенных линий.

В генотипах быков-производителей встречалось 36 аллелей EAB-локуса групп крови. Аллелофонд по периодам представлен всего 16...29 EAB-аллелями, к 2019 году он сократился почти в два раза (табл. 1).

Таблица 1.
Мониторинг аллелей EAB-локуса групп крови у быков-производителей

Основные аллели EAB – локуса групп крови	Период использования, год		
	2005–2009 n=20	2010–2014 n=29	2015–2019 n=12
b	0,05	0,034	0,042
A ₁ B ₁ '	0,05	0,017	0
B ₂ O ₁ Y ₂ *	0,025	0,034	0
B ₁ I ₁ Q	0,05	0,069	0,042
G ₂ O ₁	0,025	0	0,042
G ₂ Y ₂ D ₂ '*	0,025	0,052	0
G ₃ O ₁ T ₁ A ₂ 'E ₃ 'F ₂ 'K ₂ 'G ₂ '	0	0,034	0,083
G ₂ Y ₂ E ₂ 'Q'	0,125	0,086	0,167
G ₂ T ₂ Y ₂ A ₁ 'B ₂ D ₂ G ₂ Q ₂ Y ₂ B ₂ '	0	0,017	0,0
G ₂ T ₂ Y ₂ A ₁ 'B ₂ D ₂ G ₂ I ₂ Q ₂ Y ₂ B ₂ '*			0,017
I ₁ Y ₂ E ₃ G ₂ G ₂ '*	0,05	0	0
Y ₁ A ₁ '*	0,100	0,017	0
E ₁ 'G ₂ G ₂ '*	0	0,103	0,125
E ₁ 'G ₂ '	0,025	0,121	0
O ₁	0	0,052	0
O ₁ I ₁ Q'	0,075	0,052	0,125
O ₂ A ₂ 'J ₂ 'K ₂ O ₂ '*	0,050	0,017	0
Q'	0,050	0,069	0,042
D'E ₃ 'F ₂ 'G ₂ O ₂ G ₂ '*	0,025		0
I ₁ Y ₂ I ₁ '	0,075	0,017	0,042
O ₁ '	0,050	0,017	0
B ₂ O ₁ Y ₂ D ₂ '*	0	0,017	0
B ₂ Y ₂ E ₃ G ₂ G ₂ '	0	0	0,042
B ₂ ±G ₂ O ₁ Y ₂ D ₂ E ₂ 'G ₂ '*	0	0	0,017
O ₁ A ₁ '*	0	0,017	0
B ₁ O ₁ *	0,025	0,017	0
O ₁ A ₁ 'I ₁ '	0,025		0
G ₁ A ₁ '*	0,025		0
Всего аллелей	29	28	16
Другие аллели	10	8	4
Их суммарная частота	0,255	0,141	0,786
Коэффициент гомозиготности	0,061	0,059	0,094
Число эффективных аллелей	16	17	11

Примечание. * Аллели EAB-локуса *голитинской* породы красно-пестрой масти.

Во все анализируемые периоды у быков встречаются аллели EAB-локуса O_1I/Q' , $G_2Y_2E'_1Q'$ с частотой 0,052...0,167.

В 2005–2009 годах частота встречаемости EAB-аллелей I_1Y_2I' , $Y_1A'_1$ у быков – 7,5 и 10% соответственно, в 2010–2014 – 0,017. Последующие пять лет в хозяйстве не использовали быков с EAB-аллелем $Y_1A'_1$. С 2010 года у быков с высокой частотой (10,3...12,5%) стал встречаться EAB-аллель E'_3G/G'' от быка Карибик 85429. За 2014–2019 годы в аллелофонде появились новые EAB-аллели $G_2T_2Y_2A'_1B'/D/G'I/Q'Y'B''$, $B_2 \pm G_2O_1Y_2D/E'_2G''$ от быка Раптайт 6802, завезенного из Австрии в 2006 году.

EAB-аллели голштинской породы красно-пестрой масти были широко распространены в аллелофонде быков-производителей до 2009 года, с частотой встречаемости – 0,350, к 2019 году – 0,159. Доля EAB-аллелей характерных для сычевской породы сохраняется на уровне 2009 года (до 46%). Среди них частота 4% и более у аллелей EAB-локуса O_1I/Q' , $G_3O_1T_1A'_2E'_3F'_2K'/G''$, B_1I_1Q , G_2O_1 , $B_2Y_2E'_3G'/G''$. При анализе аллелофонда по периодам мониторинга установлено, что по EAB-аллелям у быков-производителей увеличивается генетическая однородность. Коэффициент гомозиготности с 6,1 (2005–2009 годы) повысился до 9,4 (2014–2019).

Необходимы меры для снижения в стаде уровня гомозиготности, так как это уменьшает возможности селекции и может привести к неожиданным результатам. Как показывают исследования, последствия нарастания в стаде уровня гомозиготности (внутрипородный инбридинг) близки по значимости к увеличению инбридинга со всеми негативными последствиями. [12]

За 2006–2020 годы в стаде выявлено 48 EAB-аллелей. Численность аллелей EAB-локуса групп крови за 15 лет сократилась с 39 до 33, при этом уровень гомозиготности повысился на 0,011 (табл. 2).

Местные малочисленные локальные породы крупного рогатого скота, к которым относятся и сычевская, имеют более низкие показатели генетического разнообразия по сравнению с широко распространенными и повсеместно используемыми породами. Возможно, это влияние снижения численности используемых в стаде быков-производителей из-за жесткой селекции животных по молочной продуктивности. За 2021 год средний удой в стаде на одну фуражную корову сычевской породы – 5921 кг молока.

Установлено, что аллелофонд стада по частоте встречаемости EAB-аллелей за 2006–2020 годы изменяется. С высокой частотой во все периоды мониторинга встречается аллель EAB-локуса групп крови $G_2Y_2E'_1Q'$, характерный для обеих пород. Его носители – 12...18% коров в стаде. Высокая частота встречаемости у EAB-аллеля Q' (0,066...0,106).

За 2006–2010 годы в стаде чаще, чем в последующие периоды, встречались EAB-аллели $Y_1A'_1$, $G_1A'_1$ – 0,158, 0,075 соответственно. В 2016–2020 годах численность их сократилась до 0,045 и 0,025. Элиминирует из стада EAB-аллель B_1O_1 , частота его встречаемости за 15 лет снизилась с 6,4 до 0,5%.

С частотой, соответственно, 0,061 и 0,12 появилась у животных с 2016 по 2020 год EAB-аллели $G_2T_2Y_2A'_1B'/D/G'I/Q'Y'B''$ и $B_2 \pm G_2O_1Y_2D/E'_2G''$.

Большое значение при характеристике генетической изменчивости стада и породы уделяется основным EAB-аллелям с частотой встречаемости 2% и выше.

По периодам исследования, в стаде выделено 12...13 основных аллелей EAB-локуса с суммарной частотой встречаемости по периодам 0,737...0,753. Среди них в разные пятилетки мониторинга аллели голштинской породы красно-пестрой масти встречались у 43,3, 25,9, 61,7% коров соответственно, сычевской – 19,2, 36,0, 23,2%. В исследованиях по сычевской породе также отмечается высокая суммарная частота 13...17 основных EAB-аллелей (0,714...0,825). [7, 8]

Таблица 2. Мониторинг аллелей EAB локуса групп крови в стаде АО «Смоленское»

EAB-аллели	Год рождения потомков			По породе
	2006–2010	2011–2015	2016–2020	2020
	n=187	n=235	n=99	n=1269
b	0,016	0,043	0,035	0,071
A,B'	0,016	0,006	0,010	0,030
$B_2O_1Y_2^*$	0,027	0,028	0,005	0,011
B_1I_1Q	0,008	0,034	0,030	0,043
$B_1I_1T_1A'_1$	0	0,002	0,005	0,0
$B_2 \pm G_2O_1Y_2D/E'_2G''^*$	0	0	0,116	0,032
$G_2Y_1D^*$	0,021	0,049	0,020	0,043
$G_3O_1T_1A'_2E'_3F'_2K'/G''$	0,003	0,015	0,025	0,041
$G_2Y_2E'_1Q'$	0,123	0,177	0,182	0,180
$G_2T_2Y_2A'_1B'/D/G'I/Q'Y'B''$	0	0,015	0,005	0,015
$G_2T_2Y_2A'_1B'/D/G'I/Q'Y'B''^*$	0	0	0,061	0,027
$I_1Y_2E'_3G'/G''^*$	0,005	0,004	0	0,012
$I_1O_1A'_2K'/Q'$	0	0,002	0	0,009
$Y_1A'_1^*$	0,158	0,072	0,045	0,066
E'_3G'/G''^*	0,053	0,057	0,091	0,044
E'_3G''	0,019	0,062	0,025	0,013
O_1	0,024	0,030	0,010	0,003
O,Q'	0,013	0,006	0,010	0,002
$O,I/Q'$	0,037	0,049	0,051	0,081
$O_2A'_2J_2K'/O^*$	0,016	0,013	0,005	0,027
Q'	0,078	0,106	0,066	0,045
$D/E'_3F'_2G'/G''^*$	0,008	0,017	0,010	0,004
I_1Y_2I'	0,029	0,015	0,015	0,028
O'	0,024	0,036	0	0,020
$B_2O_1Y_2D^*$	0,011	0,015	0	0,018
$O_1A'_1^*$	0	0,013	0	0,002
$QA'_2E'_2Q'$	0,019	0,006	0,005	0,002
$B_1O_1^*$	0,064	0,023	0,005	0,001
$O_1A'_1I^*$	0,035	0,002	0,010	0,015
$G_1A'_1^*$	0,075	0,030	0,025	0,004
Всего аллелей	39	39	33	69
Другие аллели	15	11	10	41
Их суммарная частота	0,118	0,073	0,133	0,163
Коэффициент гомозиготности	0,068	0,070	0,079	0,064
Число эффективных аллелей	15	14	13	16

Примечание. * – Аллели EAB-локуса голштинской породы красно-пестрой масти.

По породе за 2020 год частота встречаемости 15 основных EAB-аллелей составляет 0,778. Для 30,2% коров характерны аллели голштинской породы красно-пестрой масти. Широкое использование сычевских быков в последние годы привело к увеличению в аллелофонде встречаемости аллелей сычевской породы (40%). Частота наиболее распространенных B_1Q , $G_3T_1A_2E_3F_2K/G''$, O_1I/Q' , Q' составляет 0,043, 0,041, 0,081, 0,045 соответственно.

Частота встречаемости аллелей и генотипов групп крови – генетическая характеристика стада. За 2016–2020 годы по сравнению с сычевской породой, в стаде чаще встречаются аллели EAB-локуса $B_2\pm G_2O_1Y_2D/E_3G''$, E_3G' , E_3G/G'' , G_1A_1 , $G_2T_2Y_2A_1B'D'G'I/Q'Y/B''$, суммарная частота – 0,318, в породе – 0,120. Аллели EAB-локуса A_1B' , B_1I_1Q , $G_3O_1T_1A_2E_3F_2K/G''$, O_1I/Q' , I_1Y_2I' встречаются в стаде реже (0,131), породе – у 22,3% животных.

Чтобы объективно оценить сходство и различие между животными племенного завода АО «Смоленское» и другими племенными хозяйствами, использовали индекс генетического сходства, рассчитанный по частоте встречаемости аллелей EAB-локуса групп крови. Степень генетического сходства между сравниваемыми группами значительно выше в случае, если число общих аллелей больше, и они чаще встречаются.

Индексы генетического сходства между животными АО «Смоленское» и других племенных хозяйств области по периодам исследования приведены в таблице 3.

Индексы генетического сходства между животными хозяйств варьировали в разные периоды от 0,632 до 0,884. Отмечены незначительные генетические различия между животными АО «Смоленское» и племенных хозяйств за период 2011–2015 годов, индексы генетического сходства – 0,820...0,880. За 2016–2020 годы по генетической структуре аллелей EAB-локуса коэффициенты сходства составили 0,632...0,884, что свидетельствует о специфичности аллелофонда хозяйства в этот период. Наибольшие различия отмечены с племенным репродуктором «Восток».

По сравнению с генофондом породы, различия в стаде АО «Смоленское» мало значимы, индексы генетического сходства – 0,790...0,855.

Особое значение в селекции уделяют племенной ценности быков-производителей. Ее возможно проводить с учетом расщепления наследственных факторов в EAB-локусе. Использование маркерных EAB-аллелей групп крови предоставляет возможность выявить и определить их влияние на продуктивные признаки у потомства.

Установили типы крови первотелок-дочерей восьми быков и изучили влияние альтернативных, маркированных EAB-аллелями отцовских наследственных факторов на их молочную продуктивность. Оценивали животных с достоверным происхождением. Расщепление генотипов гетерозиготных по маркерным EAB-аллелям быков-производителей прослеживали по альтернативным, переданным дочерям аллелям, по которым учитывали продуктивность дочерей-полусестер.

Результаты анализа молочной продуктивности гетерозиготных по аллелям EAB-локуса групп кро-

ви быков приведены в таблицах 4, 5. Данные исследований показали, что влияние генотипа быка, имеющего разные альтернативные аллели EAB-локуса групп крови на молочную продуктивность дочерей неравноценно. Разница в молочной продуктивности дочерей быков в пользу того или иного преферентного аллеля составила по первой лактации: удой – 61...1403 кг, содержание в молоке жира – 0,01...0,13%, белка – до 0,06%. По максимальной лактации различия в удое – 26...1269 кг молока, жира – 0,01...0,19%, белка – 0,01...0,08%.

От дочерей быка Налив 6791 с альтернативным аллелем $G_2Y_2E_1Q'$ по первой лактации получено

Таблица 3.
Индекс генетического сходства между животными племенных хозяйств за годы исследования

Хозяйство	2006–2010		2011–2015		2016–2020	
	n	Смоленское n=187	n	Смоленское n=235	n	Смоленское n=99
Агрис	238	0,778	–	–	–	–
Рассвет	229	0,810	1080	0,820	–	–
Восток	156	0,769	407	0,880	82	0,632
Колосок	267	0,798	256	0,878	207	0,762
Рыбки	487	0,795	635	0,879	414	0,884
Урицкого	659	0,809	905	0,842	467	0,787
По породе	2223	0,790	3518	0,855	1269	0,796

Таблица 4.
Молочная продуктивность дочерей быков с альтернативными аллелями по первой лактации

Кличка и номер быка	Аллель дочери	n	Удой, кг	Жир, %	Белок, %
Клеманс 127007	$Y_1A'_1$	18	4946±161	3,92±0,03	3,22±0,03
	$G_1A'_1$	21	5186±242	3,91±0,03	3,21±0,02
Рикобар 66217	Разница		240	0,01	0,01
	$G_2Y_2E_1Q'$	32	5982±162	4,14±0,03	3,32±0,02
	E'_3G'	27	5782±165	4,11±0,04	3,31±0,01
Хит 6743	Разница		200	0,03	0,01
	$Y_1A'_1$	19	5166±219	3,95±0,03	3,23±0,03
	B_1O_1	18	4698±154	3,94±0,03	3,23±0,02
Экран 6732	Разница		468	0,01	0,0
	$G_2Y_2E_1Q'$	10	5352±350	3,86±0,03	3,23±0,02
	I_2	13	5291±232	3,83±0,03	3,23±0,02
Фазан 6772	Разница		61	0,03	0
	G_2Y_1D'	10	5737±337	3,93±0,01	3,36±0,03
	Q'	15	5274±246	4,03±0,05	3,34±0,02
Пан 6778	Разница		463	0,1*	0,02
	b	25	5239±184	4,12±0,05	3,25±0,02
	$G_2Y_2E_1Q'$	7	6642±585	4,02±0,07	3,30±0,05
Налив 6791	Разница		1403*	0,1($t_0 = 1,2$)	0,05
	$G_2O_1T_1A'_1E'_3F_2K/G''$	7	5359±336	4,17±0,08	3,25±0,03
	$G_2Y_2E_1Q'$	15	5957±275	4,19±0,05	3,29±0,04
Раптайт 6802	Разница		598	0,02	0,04
	$BG_2T_2Y_2A'_1B'D'G'I/Q'Y/B''$	9	5471±340	4,14±0,12	3,25±0,05
	$B_2G_2O_1Y_2D'E'_2G''_2$	16	5857±270	4,27±0,06	3,31±0,03
Разница		386	0,13	0,06	

Примечание. * $p \leq 0,05$.

5957 кг молока с содержанием жира – 4,19%, белка – 3,29%, на 598 кг молока, 0,02% жира и 0,04% белка больше, чем у дочерей с ЕАВ-аллелем $G_3O_1T_1A_1E_3F_2K/G''_2$. Аналогичные результаты отмечены у дочерей по максимальной лактации: количество молока превышает на 695 кг, содержание жира – 0,19%, белка – 0,06%. Но различия по этим показателям недостоверны.

Бык Пан 6778 передавал желательные наследственные факторы в сцеплении с маркерным аллелем ЕАВ-локуса $G_2Y_2E_1Q'$. Первотелки в генотипе которых был указанный ЕАВ-аллель имели удой 6642 кг, что на 1403 кг выше, чем у дочерей с ЕАВ-аллелем b ($p \leq 0,05$). По максимальной лактации у полусестер с этим маркерным аллелем удой составил 6830 кг. Это на 1269 кг больше удоа дочерей с альтернативным ЕАВ-аллелем b ($p \leq 0,01$).

Дочери быка Хит 6743, наследовавшие альтернативный ЕАВ-аллель $Y_1A'_1$, показывают по первой лактации молочную продуктивность на 468 кг больше, по сравнению с сестрами, унаследовавшими от отца другой аллель ЕАВ-локуса V_1O_1 . По максимальной лактации у потомков с аллелем $Y_1A'_1$ удой выше на 320 кг, содержание жира – 0,14% ($p \leq 0,01$).

От дочерей быка Раптайт 6802 с аллелем ЕАВ-локуса групп крови $V_2 \pm G_2O_1Y_2D/E_2G''_2$ по первой лактации получили 5857 кг молока при высоком содержании жира – 4,27 и белка – 3,31%. Удой дочерей этого производителя с ЕАВ-аллелем $V_2G_2T_2Y_2A_1V/D/G_1Q/YB''$ был ниже на 386 кг молока, содержание жира и белка – 0,13 и 0,06% соответственно. По максимальной лактации у дочерей с ЕАВ-аллелем $V_2 \pm G_2O_1Y_2D/E_2G''_2$ удой больше на 451 кг молока, содержание жира – 0,18, белка – 0,04%. Разница в показателях недостоверна.

Содержание жира в молоке дочерей быка Фазан 6772 с ЕАВ-аллелем Q' – 4,03%. Это достоверно выше ($p \leq 0,05$), чем у дочерей с ЕАВ-аллелем G_2Y_1D' . Аналогичная разница отмечена по максимальной лактации, она составляет 0,12%, но недостоверна ($t_d = 1,7$).

Расщепление отцовских генотипов у других быков оказывает сравнительно небольшое влияние на продуктивность дочерей за максимальную лактацию.

В племенных хозяйствах при отборе ремонтных бычков учитывают результаты по оценке быков-производителей с учетом молочной продуктивности дочерей, унаследовавших альтернативные ЕАВ аллели групп крови отца, что сохраняет желательные гены родителей в потомстве.

Таким образом, по маркерным аллелям ЕАВ-локуса групп крови установили генетическую структуру *сычевской* породы в стаде АО «Смоленское», с помощью мониторинга ЕАВ-аллелей с периодичностью в пять лет выявили изменения в генетической структуре стада и определили высокое сходство животных хозяйства и племенных стад области. Оценка быков-производителей по альтернативным ЕАВ-аллелям помогла установить разницу в молочной продуктивности их дочерей в пользу того или иного преферентного аллеля. Хозяйству рекомендовано обратить внимание на возрастание однородности в стаде по маркерным ЕАВ-аллелям. Уровень гомозиготности за 15 лет повысился более чем на 1%.

Таблица 5.
Молочная продуктивность дочерей быков с альтернативными аллелями по максимальной лактации

Кличка и номер быка	Аллель дочери	n	Удой, кг	Жир, %	Белок, %
Клеманс 127007	$Y_1A'_1$	18	6633±251	3,94±0,02	3,24±0,02
	$G_1A'_1$	21	7248±254	3,96±0,03	3,23±0,02
	Разница		615	0,02	0,01
Рикобар 66217	$G_2Y_2E_1Q'$	32	7637±238	4,26±0,04	3,32±0,01
	E'_3G'	27	7611±197	4,20±0,03	3,29±0,02
	Разница		26	0,06	0,03
Хит 6743	$Y_1A'_1$	19	6575±265	4,01±0,04	3,28±0,03
	V_1O_1	18	6255±246	3,87±0,02	3,26±0,02
	Разница		320	0,14**	0,02
Экран 6732	$G_2Y_2E_1Q'$	10	7305±409	4,00±0,05	3,31±0,02
	I_2	13	7368±341	4,1±0,06	3,28±0,03
	Разница		63	0,1($t_d = 1,3$)	0,03
Фазан 6772	G_2Y_1D'	10	7045±297	4,05±0,05	3,32±0,04
	Q'	15	6795±398	4,17±0,05	3,33±0,02
	Разница		250	0,12($t_d = 1,7$)	0,01
Пан 6778	b	25	5561±197	4,09±0,05	3,25±0,03
	$G_2Y_2E_1Q'$	7	6830±514	4,10±0,06	3,33±0,06
	Разница		1269**	0,01	0,08
Налив 6791	$G_2O_1T_1A_1E_3F_2K/G''_2$	7	6041±426	4,01±0,07	3,21±0,03
	$G_2Y_2E_1Q'$	15	6736±347	4,2±0,07	3,27±0,03
	Разница		695	0,19($t_d = 1,9$)	0,06
Раптайт 6802	$BG_2T_2Y_2A_1B/D/G_1Q'YB''$	9	5948±348	4,03±0,11	3,19±0,04
	$V_2G_2O_1Y_2D/E_2G''_2$	16	6399±359	4,21±0,07	3,23±0,03
	Разница		451	0,18($t_d = 1,4$)	0,04

Примечание. ** $p \leq 0,01$.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гонтов М.Е., Кольцов Д.Н., Романов Ю.Д. и др. Генетический контроль селекционных процессов в популяции бурого швицкого скота с использованием маркерных генов групп крови. // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 4. С. 17–20.
2. Дмитриева В.И., Кольцов Д.Н., Гонтов М.Е. Генетическая характеристика сычевской породы крупного рогатого скота по маркерным генам групп крови // Мат. Межд. науч.-практ. конф., (8–11 октября 2018 г., п. Дубровицы) «Современное состояние и перспективы совершенствования симментальской породы»/ ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Дубровицы: ВИЖ им. Л.К. Эрнста. 2018. С. 33–39.
3. Дмитриева В.И., Кольцов Д.Н., Гонтов М.Е. Аллели ЕАВ-локуса групп крови в селекции крупного рогатого скота по продуктивности // Аграрный вестник Юго-Востока. 2018. № 1 (18). С. 10–13.
4. Животовский Л.А., Машуров А.М. Методические рекомендации по статистическому анализу иммуногенетических данных для использования в селекции животных. Дубровицы, 1974. 30 с.
5. Зиновьева Н.А., Сермягин А.А., Доцев А.В. и др. Генетические ресурсы животных: Развитие исследований аллелофонда российских пород крупного рогатого скота – миниобзор // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 4. С. 631–641.
6. Кольцов Д.Н., Гонтов М.Е., Багиров В.А. и др. Эффективность мониторинга групп крови на этапах се-

лекции сычевской породы крупного рогатого скота в Смоленской области // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 9. С. 44–46.

7. Кривошеев Д.М., Сермягин А.А., Доцев А.В., Зиновьева Н.А. Современное состояние аллелофонда черно-пестрой, ярославской и холмогорской пород скота в Вологодской области // Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 8. С. 3–9.
8. Марзанова Л.К., Попов Н.А. Контроль за генетической изменчивостью в стадах молочных пород // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 8. С. 1–18.
9. Меркурьева Е.К. Генетические основы селекции в скотоводстве. М.: Колос, 1977. 239 с.
10. Модоров М.В., Ткаченко И.В., Грин А.А. и др. Генетическая структура популяции голштиinizированного черно-пестрого скота на территории Урала // Генетика. 2021. Т. 57. № 4. С. 437–444.
11. Попов Н.А., Марзанова Л.К. Аллелофонд красно-пестрой породы по EAV-локусу // Зоотехния. 2015. № 8. С. 2–5.
12. Попов Н.А., Марзанова Л.К. Генетический мониторинг крупного рогатого скота черно – пестрой породы // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 4. С. 9–13.
13. Рыжова Н.Г. Аллелофонд красно-пестрой породы по EAV-локусу групп крови в хозяйствах Мордовии // Зоотехния. 2018. № 2. С. 10–11.
14. Сороковой П.Ф. Методические рекомендации по исследованию и использованию групп крови в селекции крупного рогатого скота. Дубровицы, 1974. 40 с.

REFERENCES

1. Gontov M.E., Kol'cov D.N., Romanov Yu.D. i dr. Geneticheskij kontrol' selekcionnyh processov v populyacii burogo shchvickogo skota s ispol'zovaniem markernyh genov grupp krovi. // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2016. № 4. S. 17–20.
2. Dmitrieva V.I., Kol'cov D.N., Gontov M.E. Geneticheskaya harakteristika sychevskoj porody krupnogo rogatogo skota po markernym genam grupp krovi // Mat. Mezhd. nauch.-prakt. konf., (8–11 oktyabrya 2018 g., p. Dubrovicy) «Sovremennoe sostoyanie i perspektivy sovershenstvovaniya simmental'skoj porody»/FGBNU FNC VIZH im. L.K. Ernsta. Dubrovicy: VIZH im. L.K. Ernsta. 2018. S. 33–39.
3. Dmitrieva V.I., Kol'cov D.N., Gontov M.E. Alleli EAV-lokusa grupp krovi v selekcii krupnogo rogatogo skota po produktivnosti // Agrarnyj vestnik Yugo-Vostoka. 2018. № 1 (18). S. 10–13.
4. Zhivotovskij L.A., Mashurov A.M. Metodicheskie rekomendacii po statisticheskomu analizu immunogeneticheskikh dannyh dlya ispol'zovaniya v selekcii zhivotnyh. Dubrovicy, 1974. 30 s.
5. Zinov'eva N.A., Sermyagin A.A., Docev A.V. i dr. Geneticheskie resursy zhivotnyh: Razvitie issledovanij allelofonda rossijskikh porod krupnogo rogatogo skota – miniobzor // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2019. T. 54. № 4. S. 631–641.
6. Kol'cov D.N., Gontov M.E., Bagirov V.A. i dr. Effektivnost' monitoringa grupp krovi na etapah selekcii sychevskoj porody krupnogo rogatogo skota v Smolenskoj oblasti // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2015. T.29. № 9. S. 44–46.
7. Krivosheev D.M., Sermyagin A.A., Docev A.V., Zinov'eva N.A. Sovremennoe sostoyanie allelofonda cherno-pyostroj, yarovskoj i holmogorskoj porod skota v Vologodskoj oblasti // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2019. № 8. S. 3–9.
8. Марзанова Л.К., Попов Н.А. Контроль за генетической изменчивостью в стадах молочных пород // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 8. С. 1–18.
9. Меркурьева Е.К. Генетические основы селекции в скотоводстве. М.: Колос, 1977. 239 с.
10. Модоров М.В., Ткаченко И.В., Грин А.А. и др. Генетическая структура популяции голштиinizированного черно-пестрого скота на территории Урала // Генетика. 2021. Т. 57. № 4. С. 437–444.
11. Попов Н.А., Марзанова Л.К. Аллелофонд красно-пестрой породы по EAV-локусу // Зоотехния. 2015. № 8. С. 2–5.
12. Попов Н.А., Марзанова Л.К. Генетический мониторинг крупного рогатого скота черно – пестрой породы // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 4. С. 9–13.
13. Рыжова Н.Г. Аллелофонд красно-пестрой породы по EAV-локусу групп крови в хозяйствах Мордовии // Зоотехния. 2018. № 2. С. 10–11.
14. Сороковой П.Ф. Методические рекомендации по исследованию и использованию групп крови в селекции крупного рогатого скота. Дубровицы, 1974. 40 с.

Поступила в редакцию 24.03.2023

Принята к публикации 07.04.2023