Аграрный научный журнал. 2023. № 10. С. 100–107
The Agrarian Scientific Journal. 2023;(10):100–107

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

Научная статья
УДК 636.082.12
doi: 10.28983/asj.y2023i10pp100-107

Генетическая характеристика стада КП «Рыбковское» по аллелям ЕАВ-локуса групп крови

Михаил Андреевич Ермаков, Валентина Ивановна Дмитриева, Дмитрий Николаевич Кольцов
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Смоленск, Россия, e-mail: ermacov.mica@mail.ru

Аннотация. Проведен анализ генетической структуры стада по маркерным аллелям ЕАВ-локуса групп крови. По результатам исследования установлено, что с высокой частотой 11,9–15,7 % в стаде встречается ЕАВ-аллель $G_2Y_2E'_1Q'$, по породе его частота 18 %. В 2011–2015 гг. в стаде с суммарной частотой 0,802 встречались 16 основных аллелей ЕАВ-локуса групп крови. В 2016–2020 гг. основных ЕА-аллелей – 12 и частота их встречаемости равнялась 0,752, сократилась численность четырех основных аллелей голштинской породы красно-пестрой масти $Y_1A'_1$, $O_2A'_2J'_2K'O'$, $I_1Y_2E'_3G'G''$, B_1O_1 с 0,213 до 0,102. С наибольшей частотой, суммарно 40,6 %, в КП «Рыбковское» встречаются маркерные ЕАВ-аллели $G_2T_2Y_2A'_1B'D'G'I'Q'Y'B''$ (0,052), $E'_3G'G''$ (0,070), B_1I_1Q (0,053), $O_1I'Q'$ (0,080), $B_2G_2O_1Y_2D'E'_2G''$ (0,056), b (0,095). В породе указанные аллели встречаются с частотой 29,8 %. Не отмечено существенных различий в стаде в сравнении с породой по частоте встречаемости аллелей ЕАВ-локуса групп крови. Разница не превышала 2,4–2,7 %. В генетическом плане животные стада и породы близки, индекс генетического сходства между ними – 0,95. Уровень гомозиготности в 2016–2020 гг. равнялся в стаде 6,2 %, однако его увеличение за последние пять лет составило 1,2 %, свидетельствуя об уменьшении генетического разнообразия животных. Количество используемых в хозяйстве быков-производителей уменьшилось до 14, сократилось до 15 общее разнообразие их аллелей. Сравнительный анализ показал, что разница в продуктивности дочерей быков с альтернативными ЕАВ-аллелями в пользу того или другого аллеля от производителя составляла по первой лактации от 7 до 710 кг молока, 0,01– 0,19 % жира и 0,02– 0,09 % белка. По максимальной лактации различия в удое – 55–1034 кг молока, в содержании жира – 0,01– 0,22 %, белка – 0,02– 0,14 %.

Ключевые слова: быки; коровы; генофонд; продуктивность; аллели ЕАВ-локуса; группы крови; генотип.
Для цитирования: Ермаков М. А., Дмитриева В. И., Кольцов Д. Н. Генетическая характеристика стада КП «Рыбковское» по аллелям ЕАВ-локуса групп крови // Аграрный научный журнал. 2023. № 10. С. 100–107. http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i10pp100-107.

VETERINARY MEDICINE AND ZOOTECHNICS

Original article

Genetic characteristics of the herd of KP *"*Rybkovskoe*"* by alleles of the EAB-locus of blood groups

Mikhail A. Ermakov, Valentina I. Dmitrieva, Dmitry N. Koltsov
Federal State Budgetary Institution "Federal Research Center for Bast Fiber Crops ", Smolensk, Russia,
e-mail: ermacov.mica@mail.ru

Abstract. The analysis of the genetic structure of the herd to the marker alleles of the EAB locus – blood groups was according. The EAB-allele $G_2Y_2E'_1Q'$according to the results of the study with a high frequency of 11.9 – 15.7%, in the herd, whereas its frequency is 18% for the breed was found. In the period 2011-2015 sixteen main alleles of the EAB-locus of blood groups with a total frequency of 0.802 in the herd were found. In 2016-2020, the main EAB-alleles were 12 and the frequency of their occurrence was equal 0,752. The number of four main alleles of the Red-and-White Holstein breed $Y_1A'_1$, $O_2A'_2J'_2K'O'$, $I_1Y_2E'_3G'G''$, B_1O_1 decreased from 0,213 to 0,102. With the highest frequency, totaling 40.6% marker EAB - alleles $G_2T_2Y_2A'_1B'D'G'I'Q'Y'B''$ (0.052), $E'_3G'G''$ (0,070), B_1I_1Q (0,053), $O_1I'Q'$ (0,080), $B_2G_2O_1Y_2D'E'_2G''$ (0,056), b (0.095) in KP "Rybkovskoe" are found. In the breed, these alleles occur with a frequency of 29.8%. There are no significant differences between the breed and the herd in the frequency of EAB alleles. The difference did not exceed 2.4 – 2.7%. From a genetic standpoint, the animals of the herd and the breed are close. The index of genetic similarity between them is 0.95. The level of homozygosity was 6.2% in the herd in the period 2016-2020, but its increase over the past five years was 1,2%, indicating a decrease in the genetic diversity of animals. The number of producer sires used by the pedigree farm decreased to 14 and the

©Ермаков М. А., Дмитриева В. И., Кольцов Д. Н., 2023

total diversity of their alleles decreased to 15. Comparative analysis showed that the difference in productivity of the daughters of bulls with alternative EAB-alleles was from 7 to 710 kg of milk, 0.01 – 0.19% fat and 0.02 – 0.09% protein for the first lactation in favor of one or another marker allele from the producer. By the highest lactation, the differences in milk yield are 55 – 1034 kg of milk, in fat content – 0.01 – 0.22%, protein – 0.02 – 0.14%.

Keywords: bulls; cows; gene pool; productivity; alleles of the EAB-locus; blood groups; genotype.

For citation: Ermakov M. A., Dmitrieva V. I., Koltsov D. N. Genetic characteristics of the herd of KP "Rybkovskoe" by alleles of the EAB-locus of blood groups. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = The Agrarian Scientific Journal. 2023;(10):100–107. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i10pp100-107.

Введение. Сычевская порода крупного рогатого скота была создана в Смоленской области и зарегистрирована в 1950 г. Относительная численность животных сычевской породы в племенных хозяйствах Смоленской области сокращается и составляет менее 30 %, а в структуре пород Российской Федерации она колеблется на уровне 0,6 %, что может привести к утрате ценного генофонда породы [2, 9]. Для улучшения продуктивных и технологических качеств сычевского скота проводилось их скрещивание с животными голштинской породы красно-пестрой масти [5]. Как подтверждают исследования, прилитие крови улучшающих пород может привести к частичной или полной потере генетического материал сычевской породы [7]. Для сохранения ценных генов, присущих отечественным породам скота, и сохранения генетического разнообразия предлагается использовать генетические маркеры [11].

Использованию генетических маркеров по группам крови способствует их относительная простота выявления, кодоминантный характер наследования и широкое разнообразие. Для анализа чаще используют аллели EAB-локуса, который уникален по своей численности.

Генетическая паспортизация крупного рогатого скота по группам крови в племенном заводе КП «Рыбковское» проводится ежегодно, что позволяет формировать стадо животными, достоверными по записям происхождения. Наряду с проводимой селекционно-племенной работой изменению генетической структуры стада способствуют используемые в стаде племенные быки [4].

С использованием аллелей EAB-локуса групп крови в КП «Рыбковское» проводится мониторинг по изменению аллелофонда стада.

Цель исследований – изучение аллелофонда стада крупного рогатого скота сычевской породы в КП «Рыбковское» по EAB-аллелям групп крови и его мониторинг за 2011–2015 и 2016– 2020 гг.

Методика исследований. В ходе исследований была изучена генетическая структура стада по EAB-аллелям групп крови, по результатам ежегодного тестирования племенного поголовья для ремонта основного стада; дана оценка изменений генетической структуры стада по аллелям EAB-локуса за два периода исследований, проведено сравнение с аллелофондом сычевской породы в целом. Также дана оценка молочной продуктивности дочерей в зависимости от унаследованных ими аллелей EAB-локуса групп крови отца.

Исследования проводили в лаборатории иммуногенетики ОП Смоленский НИИСХ ФГБНУ ФНЦ ЛК и племенном заводе КП «Рыбковское» на коровах сычевской породы, с подтвержденными записями происхождения. Для анализа генетической структуры стада использовали серологические тесты, маркерами в которых выступали аллели EAB-локуса групп крови.

Группы крови определяли по общепринятым методикам [10]. Использовали 50–60 моноспецифических реагентов собственного производства, унифицированных международными стандартами. Результаты исследований обрабатывали при помощи компьютерной программ Excel пакета Microsoft Office по общепринятым методам биологической статистики [8]. Индекс генетического сходства определяли по формуле Майала-Линдстрема. В исследованиях использовали данные по 1049 первотелкам, проанализированным по генетическим системам групп крови.

Результаты исследований. У животных стада КП «Рыбковское» в разные периоды было установлено 44–46 EAB-аллелей групп крови. Это свидетельствует о консолидации наследственного материала в конкретном стаде (табл. 1).

У животных сычевской породы за 2016–2020 гг. было установлено 69 EAB- аллелей, что свидетельствует об их широком генетическом разнообразии. Пятнадцать аллелей EAB-локуса: b, $A_1B^{/}$, B_1I_1Q, $G_2Y_1D^{/}$, $G_3O_1T_1A^{/}_2E^{/}_3F^{/}_2K^{/}G^{//}$, $Q^{/}$, $I_1Y_2I^{/}$, $G_2Y_2E^{/}_1Q^{/}$, $O^{/}$, $G_2T_2Y_2A^{/}_1B^{/}D^{/}G^{/}I^{/}Q^{/}Y^{/}B^{//}$, $B_2G_2O_1Y_2D^{/}E^{/}_2G^{//}$, $Y_1A^{/}_1$, $E^{/}_3G^{/}G^{//}$, $O_1I^{/}Q^{/}$, $O_2A^{/}_2J^{/}_2K^{/}O^{/}$ встречались с частотой 2 % и более. Суммарная частота их встречаемости – 0,758. Остальные EAB-аллели менее распространены и встречались у 24,2 % животных.

©Ермаков М. А., Дмитриева В. И., Кольцов Д. Н., 2023

Таблица 1

Мониторинг аллелофонда стада по аллелям ЕАВ локуса групп крови

ЕАВ-аллель	По породе 2016–2020 гг. n = 1269	2011–2015 гг. n = 487	2016–2020 гг. n = 414	Разница встречаемости аллелей в стаде и породе за 2016–2020 гг.
b	0,071	0,052	0,095	+0,024
$A_1B^{/}$	0,030	0,022	0,013	-0,017
$B_1G_2O_1$	0,004	0,016	0,007	+0,003
$B_2O_1Y_2^{*}$	0,011	0,002	0,001	-0,01
B_1I_1Q	0,043	0,044	0,053	+0,01
$B_1I_1T_1A^{/}_1$	0,007	0,016	0,008	+0,001
$G_2Y_1D^{/*}$	0,043	0,032	0,030	–0,013
$G_3O_1T_1A^{/}_2E^{/}_3F^{/}_2K^{/}G^{//}$	0,041	0,039	0,046	+0,005
$G_2Y_2E^{/}_1Q^{/}$	0,180	0,119	0,157	–0,023
$G_2T_2Y_2A^{/}_1B^{/}D^{/}G^{/}Q^{/}Y^{/}B^{//}$	0,015	0,007	0,002	–0,013
$G_2T_2Y_2A^{/}_1B^{/}D^{/}G^{/}I^{/}Q^{/}Y^{/}B^{//}$	0,027	–	0,052	+0,025
$B_2G_2O_1Y_2D^{/}E^{/}_2G^{//}$	0,032	–	0,056	+0,024
$I_1Y_2E^{/}_3G^{/}G^{//*}$	0,012	0,028	0,011	–0,001
$I_1O_2A^{/}_2K^{/}Q^{/}$	0,009	0,010	0,008	–0,001
$Y_1A^{/}_1{}^{*}$	0,066	0,083	0,039	–0,027
$E^{/}_3G^{/}G^{//*}$	0,044	0,072	0,070	+0,026
$E^{/}_3G^{//}$	0,013	0,025	0,011	–0,002
O_1	0,003	0,013	0,005	+0,002
$O_1Q^{/}$	0,002	–	–	
$O_1I^{/}Q^{/}$	0,081	0,059	0,080	–0,001
$O_2A^{/}_2J^{/}_2K^{/}O^{/*}$	0,027	0,052	0,039	+0,012
$Q^{/}$	0,045	0,052	0,035	–0,01
$D^{/}E^{/}_3F^{/}_2G^{/}O^{/}G^{//*}$	0,004	0,007	0,002	–0,002
$I_1Y_2I^{/}$	0,028	0,043	0,017	–0,011
$O^{/}$	0,020	0,030	0,011	–0,009
$B_2O_1Y_2D^{/*}$	0,018	0,007	0,005	–0,013
$B_2Y_2E^{/}_3G^{/}G^{//}$	0,004	–	–	
$O_1A^{/}_1{}^{*}$	0,0	0,001	0,001	+0,001
$QA^{/}_2E^{/}_2O^{/}$	0,002	0,004	0,001	–0,001
$B_1O_1^{*}$	0,015	0,050	0,013	–0,002
Всего аллелей	69	44	46	
Другие аллели	39	18	17	
Их суммарная частота	0,103	0,115	0,132	
Коэфф. гомозиготности	0,064	0,050	0,062	

* аллели ЕАВ локуса голштинской породы красно-пестрой масти.

За периоды исследования установлено изменение аллелофонда стада: высокая частота у ЕАВ-аллелей $G_2Y_2E^{/}_1Q^{/}$, характерных как для сычевской, так и для голштинской породы красно-пестрой масти: 11,9 и 15,7 % соответственно. В 2011–2015 гг. частота встречаемости ЕАВ-аллелей $Y_1A^{/}_1$, $E^{/}_3G^{/}G^{//}$, $O_2A^{/}_2J^{/}_2K^{/}O^{/}$, $O_1I^{/}Q^{/}$, $Q^{/}$, B_1O_1 составляла 5 % и выше. Суммарно они встречались у 36,8 % животных. В последующие годы (2016–2020) суммарная частота встречаемости этих ЕАВ-аллелей уменьшилась и равнялась 27,6 %. Исключение составил ЕАВ-аллель $O_1I^{/}Q^{/}$, который встречался в стаде с большей частотой (+2,1 %). В хозяйстве появились потомки с новыми, привнесенными быком Раптайт 6802, аллелями ЕАВ локуса групп крови $B_2G_2O_1Y_2D^{/}E^{/}_2G^{//}$ и $G_2T_2Y_2A^{/}_1B^{/}D^{/}G^{/}I^{/}Q^{/}Y^{/}B^{//}$ с частотой встречаемости 5,6 и 5,2 % соответственно.

©Ермаков М. А., Дмитриева В. И., Кольцов Д. Н., 2023

В разные периоды исследования в стаде установлены основные EAB-аллели, при характеристике генетической изменчивости стада им придается большое значение. В 2011–2015 гг. выделено 16 основных аллелей EAB локуса групп крови. Суммарно они встречаются с частотой 0,802. В 2016–2020 гг. основных EAB-аллелей – 12, частота их встречаемости равнялась 0,752. За пять лет сократилась численность четырех основных аллелей голштинской породы красно-пестрой масти $Y_1A'_1$, $O_2A'_2J'_2K'O'$, $I_1Y_2E'_3G'G''$, B_1O_1 с 0,213 до 0,102. С наибольшей частотой, суммарно 40,6 %, в КП «Рыбковское» встречаются маркерные аллели $G_2T_2Y_2A'_1B'D'G'I'Q'Y'B'$ (0,052), $E'_3G'G''$ (0,07), B_1I_1Q (0,053), $O_1I'Q'$ (0,08), $B_2G_2O_1Y_2D'E'_2G''$ (0,056), b (0,095). В породе частота их встречаемости составляет 29,8 %. Рецессивный аллель b (контролирует безантигенную группу крови) с повышенной частотой встречался как в стаде (0,095), так и в породе (0,071) в целом.

В стаде в сравнении с породой не отмечено существенных различий по частоте встречаемости EAB-аллелей локуса групп крови. На 2,4– 2,6 % чаще встречаются EAB-аллели b, $G_2T_2Y_2A'_1B'D'G'I'Q'Y'B''$, $B_2G_2O_1Y_2D'E'_2G''$, $E'_3G'G''$, реже на 2,7 % частота аллеля $Y_1A'_1$.

В генетическом плане животные стада и породы близки, индекс генетического сходства между ними составил 0,95. Уровень гомозиготности за 2016–2020 гг. равнялся в стаде 6,2 %, однако его увеличение за последние пять лет составило 1,2 %, свидетельствуя об уменьшении генетического разнообразия стада.

Частично уровень генетической изменчивости отражает разнообразие и частоты аллелей EAB-локуса групп крови. Основным источником изменения аллелофонда стада являются используемые в хозяйствах быки-производители [9]. Частота встречаемости EAB-аллелей групп крови зависит во многом от интенсивности использования отдельных быков. Мониторинг аллелей EAB локуса групп крови у быков-производителей представлен в табл. 2.

Таблица 2

Мониторинг аллелей EAB локуса групп крови у быков-производителей, использовавшихся в стаде

Основные аллели EAB локуса групп крови	Период использования		Всего (2011–2020 гг.) $n = 24$
	2011–2015 гг. $n = 15$	2016–2020 гг. $n = 14$	
B	0,033	0,107	0,063
B_1I_1Q	0,033	0,071	0,042
G_2O_1	–	0,036	0,021
G_2Y_1D'	0,033	0,071	0,042
$G_2O_1T_1A'_1E'_3F'_2K'G''$	0,067	0,036	0,042
$G_2Y_2E'_1Q'$	0,100	0,107	0,104
$Y_2A'_1$	0,067	–	0,042
$E'_3G'G''$	0,133	0,143	0,146
E'_3G''	0,067	–	0,042
O_1	0,033	0,071	0,042
$O_1I'Q'$	0,067	0,071	0,083
$O_1Y_2E'_3G'G''$	0,033	–	0,021
Q'	0,033	0,071	0,042
$B_1G_2KE'_1F'_2G'O'G''$	0,033	0,036	0,021
I_1Y_2I'	0,067	0,036	0,063
O'	0,033	–	0,021
$BG_3T_1A'_1B'E'_3F'_2Q'$	0,033	0,071	0,042
B_1O_1	0,067	–	0,042
$B_1I_1T_1A'_1$	0,033	–	0,021
$B_2Y_2E'_3G'G''$	0,033	–	0,021
$BG_2T_2Y_2A'_1B'D'G'I'Q'Y'B''$	–	0,036	0,021
$B_2G_2O_1Y2D'E'_2G''_2$	–	0,036	0,021
Всего аллелей	19	15	23

©Ермаков М. А., Дмитриева В. И., Кольцов Д. Н., 2023

За 2011–2015 гг. в хозяйстве использовались 15 быков-производителей, имевших в аллелофонде 19 различных аллелей EAB локуса групп крови. С частотой более 5 % у быков встречались голштинские EAB-аллели B_1O_1, $E'_3G'G''$, $G_2Y_2E'_1Q'$, $Y_2A'_1$ а также сычевские $G_2O_1T_1A'_1E'_3F'_2K'G''$, E'_3G'', $O_1I'Q'$, I_1Y_2I'. Остальные 11 аллелей встречались с суммарной частотой 0,363.

Количество используемых в хозяйстве быков-производителей за последующий период (2016–2020 гг.) уменьшилось до 14, а общее разнообразие их EAB-аллелей упало до 15. Так из генофонда быков-производителей выпали семь аллелей ($Y_2A'_1$, B_1O_1, E'_3G'', $O_1Y_2E'_3G'G''$, O', $B_1I_1T_1A'_1$, $B_2Y_2E'_3G'G''$) и появились 3 новых аллеля (G_2O_1, $B_2G_2O_1Y2D'E'_2G''_2$, $BG_2T_2Y_2A'_1B'D'G'I'Q'Y'B''$). С частотой более 5 % в этот период встречались аллели $E'_3G'G''$, $G_2Y_2E'_1Q'$, G_2Y_1D', b, B_1I_1Q, $O_1I'Q'$, O_1, $BG_3T_1A'_1B'E'_3F'_2Q'$, Q'. Суммарная частота остальных шести аллелей – 0,217.

В каждой породе уровень молочной продуктивности коров зависит от индивидуальных особенностей, обусловленных генотипом [2, 11]. Молочная продуктивность коров по первой лактации в зависимости от наследования ими EAB-аллелей групп крови отца представлена в табл. 3.

Таблица 3

Молочная продуктивность дочерей быков с альтернативными EAB-аллелями по первой лактации

Кличка и номер	EAB-аллели дочерей	*n*	Удой, кг	Жир, %	Белок, %
Азарт 6800	G_2O_1	27	4335±140	4,02±0,05	3,37±0,03
	I_1Y_2I'	20	4159±196	4,17±0,08	3,46±0,04
	Разница		176	0,15(td=1,6)	0,09(td=1,8)
Пан 6778	B	46	4168±138	3,91±0,03	3,32±0,01
	$G_2Y_2E'_1Q'$	40	4324±136	3,87±0,03	3,29±0.01
	Разница		156	0,04	0,03*
Бодрый 728	$O_1I'Q'$	3	3733±90	4,02±0,05	3,18±0,01
	$G_2Y_2E'_1Q'$	5	4443±611	4,11±0,08	3,12±0,04
	Разница		710	0,09	0,06
Зимник 6784	Q'	11	3068±224	3,85±0,05	3,36±0,02
	$B_1G_2KE'_1F'_2G'O'G''$	8	3470±203	4,04±0,12	3,34±0,03
	Разница		402	0,19	0,02
Зумер-С 9386	B_1I_1Q	7	5216±521	4,04±0,05	3,08±0,03
	$BG_3T_1A'_1B'E'_3F'_2Q'$	8	5223±260	3,98±0,04	3,15±0,03
	Разница		7	0,06	0,07*
Мастак 9235	O_1	12	3541±260	3,76±0,05	3,27±0,02
	$E'_3G'G''$	10	3217±247	3,79±0,04	3,34±0,03
	Разница		324	0,03	0,07(td=1,6)
Морган-С 71744419	B	19	5540±211	3,83±0,03	3,31±0,03
	$E'_3G'G''$	11	5856±248	3,89±0,05	3,27±0,05
	Разница		316	0,06	0,04
Цезарь 6806	$G_2O_1T_1A'_1E'_3F'_2K'G''$	40	4170±119	3,97±0,03	3,36±0,02
	$BG_3T_1A'_1B'E'_3F'_2Q'$	30	3898±154	3,82±0,04	3,30±0,02
	Разница		272	0,15**	0,06*
Великан 6805	$G_2Y_2E'_1Q'$	31	4469±132	3,88±0,02	3,30±0,03
	$O_1I'Q'$	24	4405±184	3,92±0,03	3,37±0,03
	Разница		64	0,04	0,07(t_d = 1,6)
Флер 6781	B_1I_1Q	34	4574±126	3,74±0,04	3,22±0,03
	G_2Y_1D'	35	4292±105	3,80±0,04	3,25±0,02
	Разница		282(td=1,7)	0,06	0,03
Раптайт 6802	$BG_2T_2Y_2A'_1B'D'G'I'Q'Y'B''$	42	5576±157	4,01±0,03	3,29±0,02
	$B_2G_2O_1Y2D'E'_2G''_2$	42	5444±169	4,02±0,03	3,27±0,03
	Разница		132	0,01	0,02

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$ – разница достоверна при этих уровнях значимости (здесь и далее).

©Ермаков М. А., Дмитриева В. И., Кольцов Д. Н., 2023

Согласно данным табл. 3, дочери быка Флер 6781 с ЕАВ-аллелями сычевской породы B_1I_1Q превосходят по удою за первую лактацию полусестер с голштинскими аллелями $G_2Y_1D^/$ на 282 кг с разницей близкой к достоверной (td =1,7). Потомки быка Пан 6778, унаследовавшие аллели $G_2Y_2E^/_1Q^/$, имели на 156 кг больший удой по сравнению с дочерями, унаследовавшими рецессивный аллель b, разница не достоверна.

Достоверная разница в 0,15 % ($p \leq 0,01$) по содержанию в молоке жира и 0,06 % ($p \leq 0,05$) белка отмечена у дочерей быка Цезарь 6806, унаследовавших ЕАВ-аллели $G_3O_1T_1A^/_1E^/_3F^/_2K^/G^{//}$ по сравнению с дочерьми с альтернативным ЕАВ-аллелями $BG_3T_1A^/_1B^/E^/_3F^/_2Q^/$.

С разницей близкой к достоверной (t_d = 1,6) дочери быка Великан 6805 с ЕАВ-аллелями $O_1I^/Q^/$ превосходят по содержанию жира в молоке потомков с аллелями $G_2Y_2E^/_1Q^/$. Достоверная разница ($p \leq 0,05$) по содержанию белка в молоке отмечена у дочерей быка Пан 6778. Дочери, унаследовавшие рецессивный аллель b, имели на 0,03 % большее содержание белка по сравнению с потомками, унаследовавшими альтернативные ЕАВ-аллели $G_2Y_2E^/_1Q^/$. На 0,15 % (td =1,5) большее содержание жира и 0,09 % (td = 1,8) белка в молоке у дочерей быка Азарт 6800 с ЕАВ-аллелями G_2O_1 по сравнению с полусестрами с альтернативными ЕАВ-аллелями $I_1Y_2I^/$, разница близка к достоверной. Оценка молочной продуктивности дочерей этих быков по полновозрастной лактации приведена в табл. 4.

Таблица 4

Молочная продуктивность дочерей быков с альтернативными ЕАВ-аллелями по третьей лактации

Кличка и номер	ЕАВ-аллели дочерей	*n*	Удой, кг	Жир, %	Белок, %
Азарт 6800	G_2O_1	19	4215±218	3,87±0,06	3,38±0,03
	$I_1Y_2I^/$	13	4269±298	4,04±0,09	3,36±0,03
	Разница		54	0,17(td=1,6)	0,02
Пан 6778	B	29	5662±261	4,04±0,04	3,26±0,03
	$G_2Y_2E^/_1Q^/$	25	5933±315	3,99±0,03	3,31±0,03
	Разница		271	0,05	0,05
Зимник 6784	$Q^/$	9	4974±371	4,06±0,09	3,29±0,05
	$B_1G_2KE^/_1F^/_2G^/O^/G^{//}$	7	5867±377	4,05±0,09	3,23±0,04
	Разница		893(td=1,7)	0,01	0,06
Мастак 9235	O_1	11	5409±391	3,89±0,04	3,29±0,05
	$E^/_3G^/G^{//}$	9	5898±397	3,95±0,07	3,31±0,06
	Разница		489	0,06	0,02
Морган-С 71744419	B	3	6645±223	3,89±0,05	3,20±0,03
	$E^/_3G^/G^{//}$	0	–	–	–
	Разница		–	–	–
Цезарь 6806	$G_2O_1T_1A^/_1E^/_3F^/_2K^/G^{//}$	27	5706±153	4,01±0,03	3,26±0,03
	$BG_3T_1A^/_1B^/E^/_3F^/_2Q^/$	21	5570±180	3,97±0,05	3,27±0,03
	Разница		136	0,04	0,01
Великан 6805	$G_2Y_2E^/_1Q^/$	0	–	–	–
	$O_1I^/Q^/$	1	5528	3,86	3,13
	Разница		–	–	–
Флер 6781	B_1I_1Q	26	5461±168	3,74±0,03	3,27±0,02
	$G_2Y_1D^/$	26	4919±182	3,75±0,02	3,27±0,01
	Разница		542*	0,01	–
Раптайт 6802	$BG_2T_2Y_2A^/_1B^/D^/G^/I^/Q^/Y^/B^{//}$	4	6077±793	4,03±0,06	3,22±0,05
	$B_2G_2O_1Y_2D^/E^/_2G^{//}_2$	4	6387±814	4,11±0,09	3,27±0,1
	Разница		310	0,08	0,05

Дочери быка Флер 6781 с ЕАВ-аллелями B_1I_1Q сохранили свое превосходство над полусестрами с аллелями $G_2Y_1D^/$, достоверная ($p \leq 0,05$) разница по удою составила 542 кг.

©Ермаков М. А., Дмитриева В. И., Кольцов Д. Н., 2023

АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
10
2023

Сохранилось тенденция превосходства в удое у потомков быка Пан 6778 с EAB-аллелями $G_2Y_2E'_1Q'$ и их полусестер с рецессивным аллелем b, разница составила 271 кг. С разницей близкой к достоверной (td = 1,7) потомки быка сычевской породы Зимник 6784 с EAB-аллелями $B_1G_2KE'_1F'_2G'O'G''$ превосходят по удою на 893 кг коров, унаследовавших аллели Q'. У дочери быка Азарт 6800, унаследовавшей EAB-аллели I_1Y_2I', отмечали на 0,17 % большее содержание жира в молоке, чем у потомков с аллелями G_2O_1. Разница близка к достоверной (td = 1,6).

Наивысшая молочная продуктивность дочерей быков-производителей в зависимости от унаследованных ими аллелей EAB локуса представлена в табл. 5.

Таблица 5

Молочная продуктивность дочерей быков с альтернативными EAB-аллелями по максимальной лактации

Кличка и номер	Аллели дочерей	*n*	Удой, кг	Жир, %	Белок, %
Азарт 6800	G_2O_1	27	5125±156	3,99±0,05	3,34±0,03
	I_1Y_2I'	20	4600±237	4.21±0,08	3,48±0,04
	Разница		525(td=1,9)	0,22*	0,14**
Пан 6778	B	47	5660±179	4,00±0,03	3,30±0,02
	$G_2Y_2E'_1Q'$	40	5883±196	4,04±0.04	3,32±0.02
	Разница		223	0,04	0,02
Зимник 6784	Q'	11	4838±486	4,04±0,06	3,31±0,04
	$B_1G_2KE'_1F'_2G'O'G''$	8	5872±459	4,08±0,09	3,23±0,04
	Разница		1034	0,04	0,08
Мастак 9235	O_1	13	5291±390	3,97±0,06	3,25±0,04
	$E'_3G'G''$	11	5612±549	4,00±0,06	3,29±0,05
	Разница		321	0,03	0,04
Цезарь 6806	$G_2O_1T_1A'_1E'_3F'_2K'G''$	41	5567±165	4,04±0,03	3,31±0,02
	$BG_3T_1A'_1B'E'_3F'_2Q'$	30	5622±253	4,00±0,04	3,26±0,03
	Разница		55	0,04	0,05
Флер 6781	B_1I_1Q	35	5743±182	3,85±0,03	3,29±0,03
	G_2Y_1D'	35	5523±193	3,86±0,03	3,24±0,02
	Разница		220	0,01	0,05

По максимальному удою дочерей, унаследовавших альтернативные EAB-аллели отца, разница составляла от 55 до 1034 кг молока. По содержанию в молоке жира и белка различия составили 0,01–0,22 %. Отмечена тенденция превосходства по удою за максимальную лактацию у дочерей быка Азарт 6800 с EAB-аллелями G_2O_1 над полусестрами с EAB-аллелями I_1Y_2I' на 525 кг молока. У дочерей быка Флер 6781, унаследовавших EAB-аллели B_1I_1Q, также наблюдали тенденцию преимущества по удою над полусестрами с аллелями G_2Y_1D' на 220 кг молока. Дочери быка Пан 6778 с EAB-аллелями $G_2Y_2E'_1Q'$ превосходили по удою на 223 кг полусестер с рецессивным аллелем b.

Достоверную разницу по жиру 0,22 % ($p \leq 0,05$) и белку 0,14 % ($p \leq 0,01$) отмечали у дочерей быка Азарт 6800 с EAB-аллелями I_1Y_2I' по сравнению с дочерьми, получившими от отца альтернативные EAB-аллели G_2O_1

Заключение. При проведении мониторинга в КП «Рыбковское» за периоды исследований выявлено изменение структуры стада по маркерным аллелям EAB локуса групп крови: значительно снизилась частота встречаемости основных аллелей голштинской породы красно-пестрой масти, появились новые EAB-аллели, привнесенные быками-производителями.

Установлено, что используемые в хозяйстве быки-производители имеют малое разнообразие EAB-аллелей, что привело к увеличению уровня гомозиготности за 5 лет на 1,2 % и, как следствие, к снижению генетического разнообразия стада.

Сравнительный анализ молочной продуктивности дочерей быков с альтернативными аллелями по первой и максимальной лактациям показал, что животные с определенными EAB-аллеля-

©Ермаков М. А., Дмитриева В. И., Кольцов Д. Н., 2023

ми, имеющие превосходство над полусестрами по первой лактации, сохраняют более высокие удои и по максимальной лактации. Это потомки быков Пан 6778, унаследовавшие альтернативные ЕАВ-аллели $G_2Y_2E'_1Q'$, и Флер 6781 с аллелями B_1I_1Q.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания Федерального научного центра лубяных культур (NFGSS-2019-0012).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ некоторых показателей продуктивности коров в связи с наследованием ЕАВ-аллелей групп крови / В. И. Дмитриева [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 3. С. 68–70.

2. Генетические ресурсы животных: развитие исследований аллелофонда российских пород крупного рогатого скота – миниобзор / Н. А. Зиновьева [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 4. С. 631–641.

3. Гридина С. Л., Калугина Л. А. Взаимосвязь наследования ЕАВ аллелей групп крови и молочной продуктивности коров первотелок // Аграрная политика России. 2017. № 10. С. 69–72.

4. Группы крови и их использование в работе со стадом ЗАО им. Мичурина / Д. Н. Кольцов [и др.] // Генетика и разведение животных. 2016. № 4. С. 47–51.

5. 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.

6. Долов М. М., Курашев Ж. Х., Хашегульгов Ш. Б. Зависимость воспроизводительной способности стада от племенной ценности используемых быков-производителей // NovaInfo. 2017. № 74. С. 137–142.

7. Иммуногенетический мониторинг линий сычевской породы крупного рогатого скота / М. Е. Гонтов [и др.] // Аграрный научный журнал. 2022. № 6. С. 60–65.

8. Меркурьева Е. К. Генетические основы селекции в скотоводстве. М.: Колос, 1977. 239 с.

9. Паронян И. А. Современное состояние генофонда молочных и молочно-мясных пород крупного рогатого скота в Российской Федерации // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 6. С.79–83.

10. Сороковой П. Ф. Методические рекомендации по исследованию и использованию групп крови в селекции крупного рогатого скота. Дубровицы, 1974. 40 с.

11. Эффективность мониторинга групп крови на этапах селекции сычевской породы крупного рогатого скота в Смоленской области / Д. Н. Кольцов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 9. С. 44–46.

REFERENCES

1. Analysis of some indicators of cow productivity in connection with the inheritance of EAB alleles of blood groups / V. I. Dmitrieva et al. *Bulletin of Russian Agricultural Science*. 2017;(3):68–70. (In Russ.).

2. Genetic resources of animals: development of studies of the allele pool of Russian cattle breeds - mini-review / N. A. Zinovieva et al. *Agricultural biology*. 2019;54(4):631–641. (In Russ.).

3. Gridina S. L., Kalugina L. A. Relationship between the inheritance of EAB alleles of blood groups and milk productivity of first-calf cows. *Agrarian Policy of Russia*. 2017;(10):69–72. (In Russ.).

4. Blood groups and their use in working with the herd of JSC named after. Michurina / D. N. Koltsov et al. *Genetics and animal breeding*. 2016;(4):47–51. (In Russ.).

5. Dmitrieva V. I., Koltsov D. N., Gontov M. E. Alleles of the EAB blood group locus in the breeding of cattle for productivity. *Agrarian Bulletin of the South-East*. 2018;1(18):10–13. (In Russ.).

6. Dolov M. M., Kurashev Zh. Kh., Khashegulgov Sh. B. Dependence of the reproductive capacity of the herd on the breeding value of the sires used. *NovaInfo*. 2017;(74):137–142. (In Russ.).

7. Immunogenetic monitoring of lines of the Sychevsky breed of cattle / M. E. Gontov et al. *Agrarian scientific journal*. 2022;(6):60–65. (In Russ.).

8. Merkuryeva E. K. Genetic basis of selection in cattle breeding. M.: Kolos; 1977. 239 p. (In Russ.).

9. Paronyan I. A. Current state of the gene pool of dairy and dairy-meat breeds of cattle in the Russian Federation. *Achievements of science and technology of agro-industrial complex*. 2020;34(6):79–83. (In Russ.).

10. Forty P. F. Methodological recommendations for the study and use of blood groups in the selection of cattle. Dubrovitsy; 1974. 40 p. (In Russ.).

11. Efficiency of monitoring blood groups at the stages of selection of the Sychevsky breed of cattle in the Smolensk region / D. N. Koltsov et al. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2015;29(9):44–46. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 04.04.2023; одобрена после рецензирования 12.04.2023; принята к публикации 27.04.2023.
The article was 04.04.2023; approved after 12.04.2023; accepted for publication 27.04.2023.

©Ермаков М. А., Дмитриева В. И., Кольцов Д. Н., 2023