

**ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТАДА СПК «ИМЕНИ УРИЦКОГО»
ПО МАРКЕРНЫМ ГЕНАМ ГРУПП КРОВИ***

Валентина Ивановна Дмитриева, кандидат сельскохозяйственных наук
Диана Вячеславовна Леутина, старший научный сотрудник
Алла Сергеевна Герасимова, научный сотрудник
Елена Александровна Прищеп, старший научный сотрудник
 ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь, Россия
 E-mail: leutina.diana@yandex.ru

Аннотация. По результатам исследования установлено, что в стаде СПК «имени Урицкого» с наибольшей частотой (0,216–0,282) встречается аллель $G_2Y_2E_1Q$. Отмечено, что частота встречаемости аллелей EAB-локуса групп крови: $b, B_2O_1Y_2, E_3G'G'', G_2Y_2D', I_1Y_2E_3G'G'', I_1O_2A_2K'Q', O_1I'Q', O_2A_2J_2K'Q', Q', Y_1A_1$ в разные годы у животных – 0,018–0,095, суммарная в 2016 году – 0,517, 2020 – 0,485. У первотелок и ремонтных телок одиннадцать вышеуказанных аллелей встречались с частотой 0,468 и 0,408 соответственно. Эти наиболее распространенные у животных разных производственных групп EAB-аллели характеризуют генетическую устойчивость стада. Выявлено, что пожизненная продуктивность и продолжительность использования зависят от унаследованных аллелей EAB – локуса групп крови. У коров с EAB-аллелями $B_1G_2KO', I_1O_2A_2K'Q', O_2A_2J_2K'Q', O_1Y_2E_3G'G'', I_1Y_2E_3G'G'', I_1Y_2I', O_1I'Q', Q'$ пожизненная продуктивность достоверно выше средней по стаду. Коровы с аллелями EAB локуса групп крови $B_2O_1, B_1I_1T_1A_1, G_3O_1T_1A_2E_3F_2K'G''_2, O', B_2O_1Y_2, B_2Y_2E_3G'G'', G_2Y_1D$ имеют удой за период использования достоверно ниже среднего показателя по группе. Более чем у 40% коров стада с EAB-аллелями $B_1G_2KO', I_1O_2A_2K'Q', O_p, O_1Y_2E_3G'G'', O_2A_2J_2K'Q', Q'$ пожизненная продуктивность составила 30 т и выше. Аллели EAB-локуса групп крови $I_1Y_2E_3G'G'', I_1Y_2I', I_1O_2A_2K'Q', A_1B'$ встречаются только у коров, закончивших шесть и более лактаций.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, сычевская порода, группы крови, генетический маркер, пожизненная молочная продуктивность

**GENETIC CHARACTERISTICS OF THE URITSKIY SPK HERD
FOR MARKER GENES OF BLOOD GROUPS**

V.I. Dmitrieva, PhD in Agricultural Sciences
D.V. Leutina, Senior Researcher
A.S. Gerasimova, Researcher
E.A. Prishchep, Senior Researcher
 FSBSI «Federal Research Center for Bast Fiber Crops», Tver, Russia
 E-mail: leutina.diana@yandex.ru

Abstract. According to the results of the study, it was found that in the herd of the Agricultural Production Cooperative named Uritsky allele $G_2Y_2E_1Q$ occurs with the highest frequency (0.216 – 0.282). It was noted that the frequency of occurrence of alleles of the EAB locus of blood groups: $b, B_2O_1Y_2, E_3G'G'', G_2Y_2D', I_1Y_2E_3G'G'', I_1O_2A_2K'Q', O_1I'Q', O_2A_2J_2K'Q', Q', Y_1A_1$ equals in different years in animals 0.018 – 0.095. The total frequency of occurrence in the herd of the above alleles in 2016 was 0.517, in 2020 0.485. In first-born heifers and repair heifers, these eleven alleles occurred with a frequency of 0.468, 0.408, respectively. These most common EAB alleles in animals of different production groups are like a genetic passport of the herd, characterizing its genetic stability. It was revealed that lifetime productivity and duration of use depend on inherited of the alleles EAB- locus of blood groups. In the cows with EAB alleles $B_1G_2KO', I_1O_2A_2K'Q', O_2A_2J_2K'Q', O_1Y_2E_3G'G'', I_1Y_2E_3G'G'', I_1Y_2I', O_1I'Q', Q'$, lifetime productivity is reliably higher than the average for the herd. The Cows with alleles of the EAB locus of blood groups $B_2O_1, B_1I_1T_1A_1, G_3O_1T_1A_2E_3F_2K'G''_2, O', B_2O_1Y_2, B_2Y_2E_3G'G'', G_2Y_1D$ have milk yield during the period of use reliably lower than the average for the group. The Lifetime Productivity of thirty tons and above was noted in more than 40% of cows of the herd with the EAB alleles $B_1G_2KO', I_1O_2A_2K'Q', O_p, O_1Y_2E_3G'G'', O_2A_2J_2K'Q', Q'$. The EAB alleles of the locus of blood groups $I_1Y_2E_3G'G'', I_1Y_2I', I_1O_2A_2K'Q', A_1B'$ it found only in cows that have completed six or more lactation.

Keywords: cattle, sychevsky breed, blood types, genetic marker, lifetime milk productivity

Сычевская порода крупного рогатого скота численностью 3130 гол. относится к локальным и может служить источником изменчивости при создании новых ценных генотипов. [11, 13] В Смоленской области для совершенствования этой породы генетические системы групп крови, характеризующие наследственные особенности животных, применяют с 1972 года.

В практической племенной работе их используют для проведения генетической экспертизы происхождения животных в качестве генов-маркеров их генотипов, мониторинга селекционных стад в племенных хозяйствах, при анализе молочной продуктивности коров с учетом расщепления и наследования отцовских аллелей. Применять их в селекции возможно благодаря

* Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК (тема № FGSS-2019-0012) / The work was carried out under supporting of Ministry of Education of the Russian Federation within the framework of Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center of Fiber Cultures» (topic № FGSS-2019-0012).

относительно простым методам выявления, постоянству в течение жизни, кодоминантному характеру наследования, большому разнообразию. Наибольший интерес в анализе групп крови представляют аллели EAB-локуса, которые мы использовали для генетической характеристики стада. Контролирующий EAB-систему локус уникален по численности аллелей. Широкий полиморфизм в нем предположительно поддерживается естественным и искусственным отбором из-за преимущества гетерозигот. Прогнозирование продуктивных качеств скота с помощью молекулярных методов и генетических маркеров групп крови – важное достижение современной генетики. [1, 7] Селекция по совершенствованию продуктивных качеств коров и методы разведения приводят к изменению генофонда стада. [5, 9, 10]

Цель работы – по частоте встречаемости EAB-аллелей у изучаемых половозрастных животных

определить генетическую структуру стада и выявить различия в их генофонде, сравнив с аллелофондом стада в 2016 году; оценить молочную продуктивность дочерей с альтернативными EAB-аллелями групп крови отцов; найти сочетание EAB-аллелей групп крови с продуктивными признаками животных за период использования при их наследовании; выделить в стаде группы коров с разным сроком производственного применения (1...9 лактаций и более), определить в этих группах распространенные EAB-аллели групп крови и частоту их встречаемости.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в племенном репродукторе по разведению скота *сычевской* породы СПК «имени Урицкого» Смоленской области на всем поголовье с установленными генотипами. Групп-

Таблица 1.

Мониторинг аллелей EAB-локуса групп крови крупного рогатого скота

EAB-аллель	Стадо 2016 года, n=714	Стадо 2020 года, n=799	Перволетки, введенные в стадо (2017–2020 годы), n=539	Ремонтные телки 2018 года рождения, n=216	Быки, (2013–2017 годы), n=15	Всего по породе (2018 год), n=4391
b	0,027	0,056	0,098	0,021	0,067	0,046
A ₁ B'	0,010	0,024	0,006	0,104	0,033	0,012
B ₁ I ₁ Q	0,001	0,0	0,018	0,060	0,033	0,026
B ₁ G ₂ KO'	0,013	0,017	0,004	0,0		0,008
B ₁ G ₂ O ₁	0,002	0,003	0,001	0,005		0,010
B ₂ O ₁ *	0,012	0,009	0,006	0,007		0,027
B ₂ O ₁ Y ₂ *	0,046	0,043	0,021	0,012		0,037
B ₂ O ₁ Y ₂ D**	0,022	0,001	0,049	0,021	0,033	0,020
D'E' ₃ F' ₂ G'O**	0,003	0,001	0,006	0,002		0,007
E' ₃ G'	0,035	0,002	0,022	0,012		0,028
E' ₃ G'G''	0,028	0,026	0,019	0,019	0,033	0,043
G ₂ O ₁	0,004	0,003	0,006	0,0		0,011
G ₃ O ₁ T ₁ A' ₂ E' ₃ F' ₂ K'G''	0,006	0,011	0,038	0,012	0,0	0,033
G ₂ T ₂ Y ₂ A' ₁ B'D'G'Q'Y'B''	0,004	0,0	0,025	0,002	0,033	0,017
G ₂ Y ₁ D**	0,024	0,022	0,019	0,053	0,033	0,024
G ₂ Y ₂ E' ₁ Q'	0,216	0,282	0,258	0,134	0,167	0,162
G ₁ A' ₁	0,003	0,001	0,001	0,002		0,008
I ₁ Y ₂ E' ₃ G'G''	0,036	0,042	0,020	0,021		0,019
I ₁ Y ₂ I'	0,018	0,035	0,012	0,035	0,033	0,039
I ₁ O ₂ A' ₂ K'Q'	0,025	0,025	0,019	0,019	0,033	0,011
O ₁	0,004	0,005	0,002	0,0		0,012
O ₁ I'Q'	0,083	0,091	0,132	0,044	0,100	0,064
O ₂ A' ₂ J' ₂ K'O**	0,090	0,048	0,044	0,025	0,033	0,053
O'	0,009	0,0	0,005	0,0		0,018
O ₁ Q'	0,010	0,010	0,0	0,002		0,007
O ₁ Y ₂ E' ₃ G'G''	0,012	0,018	0,007	0,007		0,018
Q'	0,063	0,064	0,049	0,039	0,033	0,075
Y ₁ A' ₁ *	0,095	0,068	0,047	0,155	0,067	0,083
Остальные аллели	31	9	14	11	6	25
Суммарная частота	0,099	0,033	0,066	0,187	0,269	0,082
Всего аллелей	59	36	41	35	20	53
Коэффициент гомозиготности	8,5	11,1	10,8	7,5	5,7	5,9
Эффективные аллели	12	9	9	13	17	17

Примечание. * – аллели EAB-локуса *голитинской* породы красно-пестрой масти.

пы крови определяли с помощью 50...60 реагентов собственного производства, унифицированных в международных испытаниях. В работе использовали общепринятые методики. [15] Цифровой материал обрабатывали методом популяционного анализа и биометрии в программе Microsoft Excel 2007. [12]

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для каждого стада характерен свой аллелофонд, который изменяется в процессе его совершенствования.

По данным иммуногенетического мониторинга аллелей ЕАВ-локуса групп крови животных установлены различия по ним. На изменение генофонда стада оказали влияние быки голштинской породы красно-пестрой масти, которых применяли для улучшения продуктивных и технологических качеств крупного рогатого скота сычевской породы. Генетическое разнообразие животных было наибольшим в 2016 году (59 ЕАВ-аллелей, гомозиготность – 8,5%) по сравнению с 2020 (36 и 11,1% соответственно). За четыре года в стаде на 2% и более снизилась частота встречаемости ЕАВ-аллелей $B_2O_1Y_2D'$, $O_2A_2J_2K'O'$, $Y_1A'_1$, внесенных быками голштинской породы и E_3G'' , маркирующего скот сычевской породы. В то же время численность характерных для породы аллелей A_1V' , I_1Y_2I' повысилась.

С наибольшей частотой (0,216...0,282) у коров встречается аллель $G_2Y_2E_1Q'$, с достаточно высокой (0,018...0,095) – аллели ЕАВ-локуса групп крови: b (контролирует безантигенную группу крови), $B_2O_1Y_2$, E_3G/G'' , G_2Y_2D' , $I_1Y_2E_3G/G''$, $I_1O_2A_2K/Q'$, O_1I/Q' , $O_2A_2J_2K'O'$, Q' , $Y_1A'_1$. Суммарно их частота – 0,733 (2016 год) и 0,767 (2020). Эти одиннадцать наиболее распространенных в стаде ЕАВ-аллелей характеризуют его генетическую устойчивость (табл.1).

Анализ генофонда групп крови первотелок, введенных в стадо за 2017–2020 годы, показал, что в популяции 41 ЕАВ-аллель, гомозиготность – 10,8%. В этой группе животных 12 основных ЕАВ-аллелей (частота 2% и более) встречаются суммарно у 80,3% коров.

У первотелок, по сравнению с коровами стада 2016 года, на 7,1...4,9% увеличилась численность ЕАВ-аллелей b , O_1I/Q' , на 2,7% чаще встречается $B_2O_1Y_2D'$. Частота встречаемости аллелей сычевской породы $G_3O_1T_1A'_2E_3F_2K/G''_2$ и $G_2T_2Y_2A'_1V/D'/G'Q'Y/V''$ составляет соответственно 0,038 и 0,025. В 2016 году их частота была не выше 0,004...0,006. На 4,6...4,8% у них реже встречаются ЕАВ-аллели голштинских быков красно-пестрой масти – $O_2A_2J_2K'O'$, $Y_1A'_1$.

Телки, рожденные в 2018 году, имеют 35 аллелей ЕАВ-локуса, что свидетельствует о сужении полиморфизма в этой группе, но без увеличения гомозиготности (7,5%). Закрепленные за стадом быки-производители сычевской породы способствовали накоплению в генофонде ремонтных телок ЕАВ-аллелей сычевской породы A_1V' (+9,4%), B_1I_1Q (+5,9%), I_1Y_2I' (+1,7%). У телок частота встречаемости ЕАВ-аллеля $Y_1A'_1$ выше на 6%.

В 2013–2017 годах в стаде было 15 быков-производителей, имеющих всего 20 аллелей ЕАВ-локуса групп крови. Но в группе ремонтного поголовья, рожденного в 2014–2018 годах встречается уже 35...41 ЕАВ-алле-

Таблица 2. Молочная продуктивность дочерей с альтернативными аллелями ЕАВ-локуса групп крови отцов (I лактация) (M±m)

Кличка и номер отца	Аллель дочери	n	Удой, кг	Массовая доля, %	
				жира	белка
Экспресс 6734	$G_2Y_2E_1Q'$	85	3615±81	3,81±0,02	3,28±0,02
	$O_2A_2J_2K'O'$	66	3657±75	3,83±0,02	3,31±0,02
	Разница		42	0,02	0,03
Ханке 6749	$B_2O_1Y_2$	55	3726±90	3,95±0,02	3,21±0,02
	$Y_1A'_1$	53	3714±103	3,92±0,02	3,22±0,02
	Разница		12	0,03	0,01
Лучший 6694	$G_2Y_2E_1Q'$	49	3909±112	3,85±0,03	3,24±0,03
	$I_1O_2A_2K/Q'$	36	3709±154	3,84±0,03	3,25±0,04
	Разница		200	0,01	0,01
Зазор 6788	$G_2Y_2E_1Q'$	52	3126±82	4,11±0,04	3,27±0,03
	Q'	48	3257±104	4,05±0,03	3,37±0,03
	Разница		131	0,06	0,1*
Финник 6797	$Y_1A'_1$	25	3613±148	3,85±0,03	3,26±0,03
	O_1I/Q'	30	3364±118	3,91±0,03	3,27±0,02
	Разница		249	0,06(td=1,5)	0,01
Рикобар 6217	$G_2Y_2E_1Q'$	32	3637±105	3,93±0,03	3,23±0,02
	E_3G''	20	3843±129	3,97±0,04	3,23±0,04
	Разница		206	0,04	0,0
Пан 6778	$G_2Y_2E_1Q'$	27	3424±148	3,76±0,05	3,25±0,02
	b	19	3152±176	3,78±0,05	3,29±0,03
	Разница		272	0,02	0,04
Норд 6803	O'	17	3310±237	3,88±0,03	3,26±0,03
	B_2O_1	23	3518±179	3,90±0,03	3,23±0,04
	Разница		208	0,02	0,03
Негус 6696	$O_2A_2J_2K'O'$	20	3974±274	3,93±0,03	3,12±0,03
	$B_2G_1I_1O_1T_1A'_1P/B''$	16	4150±334	3,86±0,05	3,16±0,07
	Разница		176	0,07(td=1,2)	0,04
Михел 6726	$O_2A_2J_2K'O'$	29	3543±140	3,94±0,03	3,17±0,04
	$B_2O_1Y_2D'$	24	3676±234	3,86±0,03	3,14±0,04
	Разница		133	0,08(td=1,9)	0,03
Мардер 6721	G_2Y_2D'	27	3545±116	3,93±0,02	3,22±0,02
	$B_2Y_2E_3G/G''$	23	3489±140	3,90±0,02	3,27±0,02
	Разница		56	0,03	0,05(td=1,7)
Нейрон 6798	A'_1B_1	11	3232±273	4,03±0,03	3,21±0,07
	$G_1A'_1$	6	3017±370	4,04±0,08	3,18±0,08
	Разница		215	0,01	0,03
Апполон 1218	$I_1Y_2E_3G/G''$	14	3313±156	3,86±0,03	3,36±0,03
	O_1I/Q'	20	3355±125	3,97±0,04	3,33±0,04
	Разница		42	0,11*	0,03
Акрил 6804	E_3G/G''	18	3120±208	3,96±0,04	3,27±0,03
	$B_1T_1A'_1$	23	3414±106	3,88±0,02	3,26±0,02
	Разница		294	0,08*	0,01

Примечание. Разница достоверна при *p≤0,05.

лей, что свидетельствует о том, что на формирование генофонда стада существенно влияет селекция.

В стаде реже, чем по сычевской породе, встречаются ЕАВ-аллели B_1I_1Q , $G_3O_1T_1A'_2E_3F_2K'/G''$, E_3G/G'' , O' , чаще – $I_1Y_2E_3G/G''$, $I_1O_2A_2K/Q'$, O_1I/Q' . Разница – не более 2,7%. Частота аллеля $G_2Y_2E_1Q'$ в стаде на 5,7...12% выше, чем по породе.

Оценку племенной ценности быков-производителей провели по качеству потомства с учетом расщепления наследственных факторов в ЕАВ-системе групп крови. Альтернативные гены отцов оказывают неравнозначное влияние на селекционируемые признаки потомства. Дочери с расщепляющимися наследственными факторами отцов различаются по показателям молочной продуктивности. [8]

Между полусестрами при наследовании альтернативных ЕАВ-аллелей групп крови разница по удою колеблется от 12 до 294 кг молока, но достоверных различий не отмечено (табл. 2).

Различия по массовой доле в молоке жира – 0,01...0,11%, белка – 0,01...0,1%. У дочерей быка Апполон 1218 с аллелем $O_1I^1Q^1$ массовая доля жира в молоке достоверно выше, чем у дочерей с аллелем $I_1Y_2E_3G^1G^{1/}$ ($p \leq 0,05$). Достоверная разница по содержанию в молоке жира отмечена у дочерей быка Акрил 6804, унаследовавших от отца ЕАВ-аллель $E_3^1G^1G^{1/}$ ($p \leq 0,05$).

Продуктивность коров стада значительно различается, что обусловлено наследованием ими разных аллелей ЕАВ-локуса групп крови. [2-4, 6, 14]

В стаде отмечены различия в продолжительности хозяйственного использования коров и их пожизненной продуктивности в зависимости от

индивидуальных наследственных особенностей. Пожизненная продуктивность коров с разными аллелями – от 900 до 17863 кг молока (табл. 3).

Носители ЕАВ-аллелей $B_1G_2KO^1$, $I_1O_2A_2^1K^1Q^1$ имели пожизненную продуктивность 25409 и 24717 кг молока соответственно. Это выше среднего значения по группе на 9050 и 8358 кг, порог достоверности – $p \leq 0,001$.

Прибавка пожизненного удоя в килограммах у коров с ЕАВ-аллелями: Q^1 (+4437), $I_1Y_2I^1$ (+5294), $O_2A_2^1J_2^1K^1O^1$ (+8150), $I_1Y_2E_3^1G^1G^{1/}$ (+3556), $O_1Y_2E_3^1G^1G^{1/}$ (+5733), O_1Q^1 (+5084), b (+2813). Отмеченные различия достоверны при уровнях значимости ($p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$).

У коров с ЕАВ-аллелем $P_1E_1^1I^1G^{1/}$ удой за период использования (4,6...6,5 лактации) – 21026 кг. Это выше на 4667 кг молока, чем средней удой по группе и разница близка к достоверной ($td = 1,7$), но только у коров с ЕАВ-аллелем $B_1G_2KO^1$ – 6,5 лактаций, что на 1,9 выше среднего количества по стаду ($p \leq 0,05$).

В то же время пожизненный удой коров с ЕАВ-аллелями B_2O_1 , $B_1I_1T_1A_1^1$, $G_3O_1T_1A_2^1E_3^1F_2^1K^1G^{1/2}$, O^1 менее 10 т молока (2,4...3,1 лактации).

Продуктивность коров, унаследовавших ЕАВ-аллели $B_2O_1Y_2$, $B_2Y_2E_3^1G^1G^{1/}$, G_2Y_1D , равная за период производственного использования 11819...

Таблица 3.

Пожизненная продуктивность и продолжительность использования коров в зависимости от наследования аллелей ЕАВ-локуса групп крови (n=1614)

Аллель ЕАВ-локуса	Частота аллеля	Пожизненная продуктивность			Продолжительность использования (лактации)
		удой, кг	жир, %	белок, %	
B	0,056	19172±1301*	3,93±0,02	3,27±0,01	4,9±0,3
A ¹ B ¹	0,024	17856±1934	3,96±0,03	3,23±0,02	4,6±0,4
B ₁ G ₂ KO ¹	0,017	25409±1749***	3,92±0,04	3,24±0,02	6,5±0,3*
B ₂ O ₁	0,009	9034±1568***	3,95±0,03	3,28±0,02	2,7±0,3*
B ₂ O ₁ Y ₂	0,043	11856±1794*	4,01±0,02	3,28±0,01	3,3±0,2
B ₂ Y ₂ E ₃ ¹ G ¹ G ^{1/}	0,015	11819±1924*	3,88±0,01	3,25±0,01	3,4±0,2
B ₁ I ₁ T ₁ A ₁ ¹	0,014	7546±1144***	3,88±0,04	3,28±0,03	2,4±0,6*
G ₂ Y ₁ D	0,022	11951±1200***	3,96±0,02	3,26±0,02	3,3±0,3
G ₂ Y ₂ E ₁ ¹ Q ¹	0,282	17533±514	3,95±0,01	3,26±0,01	4,4±0,1
G ₃ O ₁ T ₁ A ₁ ¹ E ₁ ¹ F ₂ ¹ K ¹ G ^{1/2}	0,011	9722±1647**	3,86±0,04	3,30±0,02	2,7±0,3
I ₁ O ₂ A ₂ ¹ K ¹ Q ¹	0,025	24717±2068***	3,91±0,02	3,27±0,02	6,0±0,5
I ₁ Y ₂ E ₃ ¹ G ¹ G ^{1/}	0,042	19915±1495*	3,91±0,02	3,28±0,01	5,4±0,3
I ₁ Y ₂ I ¹	0,035	21653±1535***	3,96±0,02	3,28±0,02	5,7±0,5(td=1,4)
Y ₁ A ₁ ¹	0,068	14984±868	3,98±0,02	3,29±0,01	3,9±0,2
E ₃ ¹ G ¹ G ^{1/}	0,026	16344±1547	3,94±0,02	3,25±0,02	4,5±0,4
O ₁	0,005	24509±3732*	3,92±0,07	3,30±0,04	6,6±1,0
O ₁ Q ¹	0,010	21443±2281*	3,93±0,05	3,26±0,02	5,5±0,4
O ₁ I ¹ Q	0,091	16632±908	3,90±0,01	3,28±0,02	4,6±0,2
O ₁ Y ₂ E ₃ ¹ G ¹ G ^{1/}	0,018	22091±2499*	3,91±0,03	3,22±0,02	5,7±0,5
O ₂ A ₂ ¹ J ₂ ¹ K ¹ O ¹	0,048	20584±1373**	3,91±0,01	3,26±0,01	4,6±0,2
P ₁ Y ₂ A ₁ ¹ E ₃ ¹ Y ¹	0,016	17869±2011	3,92±0,03	3,26±0,03	4,7±0,5
P ₁ E ₁ ¹ I ¹ G ^{1/}	0,011	21026±2780(td=1,7)	3,92±0,02	3,31±0,04	6,1±0,7
Q ¹	0,064	20796±1266***	3,97±0,02	3,28±0,01	5,3±0,3
O ¹	0,015	9415±871***	3,97±0,02	3,29±0,02	3,1±0,2
Другие аллели	0,027	13701±853	3,94±0,02	3,28±0,01	4,1±0,4
По выбывшему поголовью		16359±342	3,94±0,05	3,26±0,03	4,2±0,8

Примечание. Разница достоверна при уровнях значимости: *p≤0,05, **p≤0,01, ***p≤0,001.

Таблица 4.

Пожизненная продуктивность и продолжительность использования коров с разными аллелями EAB-локуса групп крови при удое 25 т молока и более (n=210)

Алель EAB-локуса	Число коров в стаде	Коровы с удоём 25 т и выше (n/%)	Удой, кг	Жир, %	Белок, %	Продолжительность использования (лактации)
I ₁ Y ₂ E ₃ G/G''	70	17/24	37823±1690	3,93±0,07	3,21±0,05	8,4±0,4
P ₁ E ₁ I/G''	17	5/29	35570±1837	3,85±0,06	3,23±0,03	9,2±1,2
B ₂ O ₁ Y ₂	70	8/11	35366±2946	3,88±0,04	3,25±0,01	8,4±0,7
O ₁	9	4/44	34986±1381	4,02±0,08	3,31±0,04	9,2±0,3
Q'	103	42/41	34591±802	3,98±0,04	3,27±0,03	8,6±0,3
O ₁ I'Q	146	29/20	34138±1220	3,87±0,04	3,27±0,03	8,6±0,4
B	90	20/22	33967±1532	3,90±0,02	3,36±0,03	8,1±0,3
Y ₁ A' ₁	113	16/14	33564±1933	3,92±0,03	3,30±0,03	8,2±0,6
E' ₃ G'G''	43	7/16	33543±1017	3,91±0,02	3,27±0,04	8,4±0,3
G ₂ Y ₂ E' ₁ Q'	459	107/23	33250±631	3,93±0,02	3,27±0,01	7,3±0,2
B ₁ G ₂ KO'	27	12/44	32862±1881	3,93±0,09	3,24±0,04	8,0±0,3
G ₂ Y ₁ D	36	2/5	32826	3,89	3,26	9,5
I ₁ Y ₂ I'	58	20/34	32691±1421	3,96±0,06	3,24±0,03	8,2±0,4
I ₁ O ₂ A' ₂ K'Q'	41	28/68	32556±1329	3,92±0,02	3,25±0,03	7,7±0,3
O ₁ Q'	16	5/31	32469±2661	3,92±0,02	3,32±0,01	6,8±0,9
O ₂ A' ₂ J ₂ K'O'	77	35/45	31891±1102	3,87±0,01	3,24±0,01	8,5±0,2
O ₁ Y ₂ E' ₃ G'G''	29	13/45	31511±1908	3,88±0,04	3,27±0,01	7,8±0,5
A' ₁ B'	39	11/28	31237±1592	3,98±0,07	3,27±0,04	7,4±0,4
P ₁ Y ₂ A' ₁ E' ₃ Y'	26	7/27	31062±1481	3,93±0,03	3,25±0,03	7,7±0,4
B ₂ Y ₂ E' ₃ G'G''	25	2/8	28936	3,70	3,20	8,5
B ₂ O ₁	14	1/7	27701	3,83	3,35	8,0
G ₃ O ₁ T ₁ A' ₂ E' ₃ F' ₂ K'G''	18	-	-	-	-	-
O'	25	-	-	-	-	-
Другие аллели	40	26/65	32679±868	3,92±0,04	3,27±0,02	7,9±0,3
По выбывшим коровам (гол)	1614	209/13	33421±442	3,92±0,01	3,26±0,01	7,8±0,1

11951 кг, достоверно ниже средней по группе при $p \leq 0,05$, $p \leq 0,001$.

Среди животных стада наиболее распространены EAB-аллели G₂Y₂E'₁Q' и O₁I'Q'. Частота их встречаемости составляет 0,282 и 0,091 соответственно. Коровы с этими аллелями не отличаются высокой пожизненной продуктивностью, она на уровне средней по выборке. У коров с EAB-аллелем G₂Y₂E'₁Q' удой составляет 17533 кг молока при массовой доле жира и белка 3,95 и 3,26% соответственно, с O₁I'Q' – 16632 кг молока, содержание в нем жира и белка 3,90 и 3,28% соответственно.

Удой за период использования у коров с EAB-аллелем Y₁A'₁ на 1375 кг ниже среднего по стаду при недостоверной разнице (td = 1,5). По содержанию в молоке массовой доли жира и белка достоверных различий между коровами с разными EAB-аллелями не отмечено.

Для селекции наибольший интерес представляют животные, у которых не менее пяти лактаций и пожизненная продуктивность на уровне 25 т и более. Такие показатели отмечены более чем у 40% (41...68%) коров с EAB-аллелями B₁G₂KO', I₁O₂A'₂K'Q', O₁, O₁Y₂E'₃G'G'', O₂A'₂J₂K'O', Q' (табл. 4). Их средняя продуктивность за период использования – 32862 кг, 32556, 34986, 31511, 31891, 34591 кг соответственно (7,8...9,2 лактации). У коров с рекордными для стада пожизненными удоями (42535...53381 кг) полиморфизм EAB аллелей

ограничен, их всего 10, наибольшая частота (0,167 и 0,30) у I₁Y₂E'₃G'G'' и G₂Y₂E'₁Q'.

Среди коров с I₁Y₂E'₃G'G'' у 17 (24%) лучший показатель пожизненной продуктивности – 37823 кг молока – (8,4 лактации). Три коровы имели рекордные для стада пожизненные удои: Лыдинка 746 – 47374 кг, Моторка 1828 – 47166, Чуня 81200 – 46271 кг (по 11 лактаций).

Пожизненная продуктивность свыше 25 т отмечена у 23% животных с G₂Y₂E'₁Q'. В среднем за 7,3 лактации от них получено по 33250 кг молока. Выше 49 т молока – у Стрелки 428 (11 лактаций, 49380 кг), Мартышки 765 (8, 51969), Жасмин 72000 (11, 52926), Любавы 387 (10 лактаций, 53381 кг).

У 7,1% животных с аллелем B₂O₁ пожизненные удои – свыше 25 т. Немного коров с удоём более 25 т, имеющих аллели G₂Y₁D, B₂Y₂E'₃G'G'' (5 и 8% соответственно). От животных с аллелями G₃O₁T₁A'₂E'₃F'₂K'G'', O', B₁I₁T₁A'₁ пожизненный удой составил менее 10 т.

По анализу EAB-аллелей у коров, выбывших из стада от первой до десятой лактации, установили некоторую закономерность в частоте встречаемости у них аллелей данного локуса групп крови. Учитывали аллели, частота которых – 5% и более.

С наибольшей частотой встречаются аллели EAB-локуса групп крови G₂Y₂E'₁Q' (21,7%), O₁I'Q' (7,7), O₂A'₂J₂K'O' (8,3), Q' (8,7%). У коров, выбывших после первой-шестой лактаций, частота

Таблица 5.

Наиболее распространенные EAB-аллели у коров с разными периодами использования (n=1024)

Законченные лактации	Выделено EAB-аллелей	Аллели EAB-локуса групп крови	Суммарная частота
Первая, n=128	34	G ₂ Y ₂ E ₂ Q' (0,248), Y ₂ A ₂ ' (0,079), O ₂ A ₂ J ₂ K'O' (0,079), O ₁ I'Q' (0,083), b (0,063), Q' (0,055)	0,607
Вторая, n=155	36	G ₂ Y ₂ E ₂ Q' (0,253), Y ₂ A ₂ ' (0,075), O ₁ I'Q' (0,097), O ₂ A ₂ J ₂ K'O' (0,050), Q' (0,051)	0,526
Третья, n=167	29	G ₂ Y ₂ E ₂ Q' (0,202), Y ₂ A ₂ ' (0,090), O ₁ I'Q' (0,066), O ₂ A ₂ J ₂ K'O' (0,081), Q' (0,075), B ₂ O ₁ Y ₂ (0,066)	0,580
Четвертая, n=141	37	Y ₂ A ₂ ' (0,071), G ₂ Y ₂ E ₂ Q' (0,202), Q' (0,078), O ₂ A ₂ J ₂ K'O' (0,103), O ₁ I'Q' (0,066), O ₁ A ₁ ' (0,050)	0,570
Пятая, n=144	36	G ₂ Y ₂ E ₂ Q' (0,246), Y ₂ A ₂ ' (0,063), O ₂ A ₂ J ₂ K'O' (0,074), O ₁ I'Q' (0,074), Q' (0,109)	0,566
Шестая, n=127	38	G ₂ Y ₂ E ₂ Q' (0,157), Q' (0,093), O ₂ A ₂ J ₂ K'O' (0,148), O ₁ I'Q' (0,051), I ₁ Y ₂ E ₃ G'G'' (0,051), I ₁ Y ₂ I' (0,056), A ₁ B' (0,051)	0,607
Седьмая, n=69	23	G ₂ Y ₂ E ₂ Q' (0,246), O ₂ A ₂ J ₂ K'O' (0,109), Q' (0,123), O ₁ I'Q' (0,080), b (0,072), I ₁ O ₂ A ₂ K'Q' (0,058)	0,688
Восьмая, n=96	23	G ₂ Y ₂ E ₂ Q' (0,238), I ₁ O ₂ A ₂ K'Q' (0,063), I ₁ Y ₂ E ₃ G'G'' (0,079), Q' (0,136), O ₁ I'Q' (0,063), I ₁ Y ₂ I' (0,071)	0,650
Девятая, n=46	28	I ₁ Y ₂ E ₃ G'G'' (0,091), Q' (0,182), O ₁ I'Q' (0,136), O ₂ A ₂ J ₂ K'O' (0,091), A ₁ B' (0,068), I ₁ Y ₂ I' (0,091)	0,659
Десятая и более, n=37	21	G ₂ Y ₂ E ₂ Q' (0,175), Q' (0,175), I ₁ Y ₂ E ₃ G'G'' (0,158), O ₁ I'Q' (0,150), b (0,075)	0,733
По поголовью, n=1024	48	b (0,041), G ₂ Y ₂ E ₂ Q' (0,217), Y ₂ A ₂ ' (0,063), O ₂ A ₂ J ₂ K'O' (0,083), O ₁ I'Q' (0,077), Q' (0,087)	0,568

Q' – 4,9...10,9%, у закончивших девять и десять – 18,2...17,5% соответственно. Встречаемость аллеля EAB-локуса групп крови O₁I'Q' у коров, закончивших девять и десять лактаций, составляет соответственно 0,136 и 0,150, а у выбывших после первой-восьмой – 0,051...0,097. EAB – аллель O₂A₂J₂K'O' с наибольшей частотой (0,148) встречается у коров, выбывших после шестой лактации, а у закончивших восемь и десять лактаций частота его встречаемости значительно ниже 5%. Выявлено, что аллели I₁Y₂E₃G'G'', I₁Y₂I', I₁O₂A₂K'Q', A₁B' встречаются только у коров, закончивших шесть лактаций и более. Интересен аллель I₁Y₂E₃G'G''. У коров, закончивших шесть, восемь и девять лактаций частота его встречаемости – 0,051, 0,079, 0,091, а среди коров с продолжительностью использования десять и более лактаций – 0,158. Аллель Y₂A₂' имеют коровы, выбывшие с первой по пятую лактации, у закончивших шесть лактаций и более его нет.

Таким образом, проведение иммуногенетических исследований по группам крови позволяет контролировать генофонд стада на этапах селекции, повышая уровень селекционно-племенной работы.

У коров с высокой пожизненной продуктивностью чаще встречаются EAB-аллели V₁G₂KO', I₁O₂A₂K'Q', O₁, Q', O₁Y₂E₃G'G'', O₂A₂J₂K'O', и при определении сроков продуктивного использования животных возможно учитывать иммуногенетические маркеры групп крови.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бекенев В.А. Продуктивное долголетие животных, способы его прогнозирования и продления// Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 4. С. 655–666.
2. Гридина С.Л., Калугина Л.А. Взаимосвязь наследования EAB аллелей групп крови и молочной продуктивности коров первотелок//Агропродовольственная политика России. 2017. № 10. С. 69–72.
3. Дмитриева В.И., Кольцов Д.Н., Гонтов М.Е. Генетические особенности коров с разным уровнем пожизненной продуктивности //Аграрный научный журнал. 2021. № 9. С. 55–59.
4. Дмитриева В.И., Кольцов Д.Н., Гонтов М.Е. Аллели EAB локуса групп крови в селекции крупного рогатого скота по продуктивности//Аграрный вестник Юго-Востока. 2018. № 1 (18). С. 10–13.

5. Дмитриева В.И., Кольцов Д.Н., Гонтов М.Е. Генетическая характеристика сычужной породы крупного рогатого скота по маркерным генам групп крови //Современное состояние и перспективы совершенствования симментальской породы/матер. межд. науч.-практ. конф. Дубровицы: ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, 2018. С. 33–39.
6. Дмитриева В.И., Кольцов Д.Н., Гонтов М.Е. и др. Анализ некоторых показателей продуктивности коров в связи с наследованием EAB – аллелей групп крови// Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 3. С. 68–70.
7. 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.
8. Кольцов Д.Н., Дмитриева В.И., Онуфриев В.А., Гонтов М.Е. Группы крови и их использование в работе со стадом ЗАО им. Мичурина // Генетика и разведение животных. 2016. № 4. С. 47–51.
9. Кольцов Д.Н., Дмитриева В.И., Гонтов М.Е. Характеристика стада крупного рогатого скота КП «Рыбковское» по аллелям EAB – локуса групп крови // Зоотехния. 2012. № 9. С. 3–4.
10. Кольцов Д.Н., Дмитриева В.И. Мониторинг аллелей EAB – локуса групп крови в селекции скота и создании нового типа сычужной породы //Зоотехния. 2011. № 9. С.2-3.
11. Кривошеев Д.М., Сермягин А.А., Доцев А.В., Зиновьева Н.А. Современное состояние аллелофонда чернопестрой, ярославской и холмогорской пород скота в Вологодской области// Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 8. С. 3–9.
12. Меркурьева Е.К. Генетические основы селекции в скотоводстве. М.: Колос, 1977. 239 с.
13. 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.
14. Сахаутдинов И., Муратова Л., Исламова С., Гумеров У. Аллелофонд групп крови и его связь с молочной продуктивностью симментальских коров // Молочное и мясное скотоводство. 2011. № 5. С. 7–9.
15. Сороковой П.Ф. Методические рекомендации по исследованию и использованию групп крови в селекции крупного рогатого скота. Дубровицы, 1974. 40 с.

REFERENCES

1. Bekenev V.A. Produktivnoe dolgoletie zhivotnyh, sposoby ego prognozirovaniya i prodleniya// Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2019. T. 54. № 4. S. 655–666.
2. Gridina S.L., Kalugina L.A. Vzaimosvyaz' nasledovaniya EAV – allelej grupp krovi i molochnoj produktivnosti korov – pervotelok//Agroprodovol'stvennaya politika Rossii. 2017. № 10. S. 69–72.
3. Dmitrieva V.I., Kol'cov D.N., Gontov M.E. Geneticheskie osobennosti korov s raznym urovnem pozhiznennoj produktivnosti //Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2021. № 9. S. 55–59.
4. 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.
5. Dmitrieva V.I., Kol'cov D.N., Gontov M.E. Geneticheskaya karakteristika sychevskoj porody krupnogo rogatogo skota po markernym genam grupp krovi //Sovremennoe sostoyanie i perspektivy sovershenstvovaniya simmental'skoj porody/mater. mezhd. nauch.-prakt. konf. Dubrovicy: FG-BNU FNC VIZH im. L.K. Ernsta, 2018. S. 33–39.
6. Dmitrieva V.I., Kol'cov D.N., Gontov M.E. i dr. Analiz nekotoryh pokazatelej produktivnosti korov v svyazi s nasledovaniem EAV – allelej grupp krovi//Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2017. № 3. S. 68–70.
7. Zinov'eva N.A., Sermyagin A.A., Docev A.V. i dr. Geneticheskie resursy zhivotnyh: Razvitie issledovaniy allelofonda rossijskih porod krupnogo rogatogo skota – miniobzor // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2019. T. 54. № 4. S. 631–641.
8. Kol'cov D.N., Dmitrieva V.I., Onufriev V.A., Gontov M.E. Gruppy krovi i ih ispol'zovanie v rabote so stadom ZAO im. Michurina // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2016. № 4. S. 47–51.
9. Kol'cov D.N., Dmitrieva V.I., Gontov M.E. Karakteristika stada krupnogo rogatogo skota KP «Rybkovskoe» po allelyam EAV – lokusa grupp krovi // Zootekhniya. 2012. № 9. S. 3–4.
10. Kol'cov D.N., Dmitrieva V.I. Monitoring allelej EAV – lokusa grupp krovi v selekcii skota i sozdanii novogo tipa sychevskoj porody //Zootekhniya. 2011. № 9. S. 2–3.
11. Krivosheev D.M., Sermyagin A.A., Docev A.V., Zinov'eva N.A. Sovremennoe sostoyanie allelofonda cherno-pestroj, yaroslavskoj i holmogorskoj porod skota v Vologodskoj oblasti// Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2019. № 8. S. 3–9.
12. Merkur'eva E.K. Geneticheskie osnovy selekcii v skotovodstve. M.: Kolos, 1977. 239 s.
13. Paronyan I.A. Sovremennoe sostoyanie genofonda molochnyh i molochno-myasnyh porod krupnogo rogatogo skota v Rossijskoj Federacii // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34. № 6. S. 79–83.
14. Sahautdinov I., Muratova L., Islamova S., Gumerov U. Allelofond grupp krovi i ego svyaz' s molochnoj produktivnost'yu simmental'skih korov // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2011. № 5. S. 7–9.
15. Sorokovoj P.F. Metodicheskie rekomendacii po issledovaniyu i ispol'zovaniyu grupp krovi v selekcii krupnogo rogatogo skota. Dubrovicy, 1974. 40 s.