

МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ БУРОЙ ШВИЦКОЙ ПОРОДЫ РАЗНЫХ ГЕНОТИПОВ*

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

Аннотация. Представлены результаты исследований генетической структуры стада бурой швицкой породы крупного рогатого скота с использованием маркерных аллелей групп крови и коггерентности отдельных генотипов с молочной продуктивностью коров. Работу проводили с 2017 по 2024 год на базе лаборатории зоотехнологий ФГБНУ ФНЦ ЛК и в племенном репродукторе «Дружба» Смоленской области. Установили, что за этот период на 82,8% возрос уровень гомозиготности и составил 19,5%, прибавка в удое – 2191 кг. В стаде 76,5% наследственности коров контролируют семь маркерных EAB-аллелей из 45 выявленных. Происходит накопление (40%) маркерного EAB-аллеля $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G'/_2$ – на 20,8% больше, чем в среднем по породе. Определили селекционную ценность отдельных маркерных EAB-аллелей и генотипов. Наиболее высокую молочную продуктивность из 1355 животных показала первотелка с маркерами $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G'/_2$ (22-6739-4,31-3,15), $B_1O_3Y_2A_1E_3G'P'Q'Y'$ (129-5827-4,19-3,28). У коров, в генотипах которых самый распространенный в стаде аллель $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G'/_2$ сочетался с другими маркерами, установлены лучшие генотипы по влиянию на селекционируемые признаки, например $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G'/_2 // G_3O_1T_1Y_2E_3F_2V'G'/_2$, $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G'/_2 // B_1G_1KE'_1F'_2O'$. Продуктивность гомозиготных по данному маркеру животных превышала средние показатели выборки, а в генотипах 79% коров-рекордисток породы обнаружено присутствие маркера $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G'/_2$, из них у 21% в гомозиготном состоянии. По продуктивному долголетию лучшие результаты среди выбывших коров наблюдали у животных с генотипом $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G'/_2 // O'$, гомозиготные коровы имели более низкие показатели продуктивного долголетия, по сравнению со средними данными по выборке.

Ключевые слова: бурая швицкая порода, генетический маркер, аллель, молочная продуктивность, долголетие

MILK PRODUCTIVITY OF BROWN SWISS COWS OF DIFFERENT GENOTYPES

M.E. Gontov, *PhD in Agricultural Sciences*
D.N. Koltsov, *PhD in Agricultural Sciences*
FSBSI “Federal Research Center for Bast Fiber Crops”, Tver, Russia
E-mail: gontov@yandex.ru

Abstract. The results of studies of the genetic structure of the Brown Swiss cattle herd using marker alleles of blood groups and the coherence of individual genotypes with the milk productivity of cows are presented. The work was carried out from 2017 to 2024 on the basis of the laboratory of zootechnologies of the Federal State Budgetary Scientific Institution FRC of fiber crops and in the breeding reproductive center “Druzhiba” in the Smolensk region. It was found that during this period the level of homozygosity increased by 82.8% and amounted to 19.5%, the increase in milk yield was 2191 kg. In the herd, 76.5% of the heredity of cows is controlled by seven marker EAB alleles out of 45 identified. There is an accumulation (40%) of the marker EAB allele $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G'/_2$ – 20.8% more than the breed average. The breeding value of individual EAB marker alleles and genotypes was determined. The highest milk productivity out of 1355 animals was shown by first-calf heifers with markers $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G'/_2$ (22-6739-4.31-3.15), $B_1O_3Y_2A_1E_3G'P'Q'Y'$ (129-5827-4.19-3.28). In cows whose genotypes the most common allele in the herd, $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G'/_2$, was combined with other markers, the best genotypes in terms of their effect on the selected traits were established, for example, $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G'/_2 // G_3O_1T_1Y_2E_3F_2V'G'/_2$, $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G'/_2 // B_1G_1KE'_1F'_2O'$. The productivity of animals homozygous for this marker exceeded the sample average, and the presence of the marker $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G'/_2$ was found in the genotypes of 79% of the record-breaking cows of the breed, of which 21% were in the homozygous state. In terms of productive longevity, the best results among retired cows were observed in animals with the genotype $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G'/_2 // O'$; homozygous cows had lower rates of productive longevity compared to the average data for the sample.

Keywords: Brown Swiss breed, genetic marker, allele, milk productivity, longevity

Основная задача молочного скотоводства России состоит в наиболее полном обеспечении населения молочными продуктами собственного производства (в 2023 году – 85%). [12] В условиях снижения поголовья крупного рогатого скота увеличить производство молока можно повышением продуктивности дойного стада с помощью селекционно-племенной работы. Для оценки генотипов животных по влиянию на продуктивные признаки в качестве генетических марке-

ров используют группы крови. [2, 3, 7, 8] В настоящее время приняты меры по применению метода, контролирующего достоверность происхождения животных в племенных хозяйствах России, в регионах созданы иммуногенетические лаборатории. Наряду с этим направлением генетические маркеры применяют в скотоводстве для решения других задач. В результате исследований, проведенных на разных породах скота, в определенных популяциях, родственных группах

* Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания Федерального научного центра лубяных культур (№FGSS-2024-0003) / 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 Assignment of the Federal Scientific Center for Bast Crops (No. FGSS-2024-0003).

выявлено наличие тенденций коррелятивных взаимосвязей между отдельными маркерными генами групп крови и селекционируемыми признаками. [1, 4, 5, 9, 11] В то же время есть публикации, в которых отрицается возможность когерентности маркерных аллелей групп крови с продуктивными признаками животных. [6]

При сокращении численности поголовья в стадах и породах, интенсивном завозе импортного семени и животных, имеющих общее происхождение в дальнем родстве, снижается наследственная изменчивость и повышается уровень гомозиготности популяции и отдельных животных. [10] Необходимо оценить влияние изменений, происходящих в структуре генофонда популяции и генотипах животных, на уровень продуктивности.

Цель работы – изучить генофонд стада бурой швицкой породы с использованием групп крови в качестве генетических маркеров и определить уровень молочной продуктивности коров, имеющих различия в генотипах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В лаборатории зоотехнологий ОП Смоленский НИИ-ИСХ ФГБНУ ФНЦ ЛК и племрепродукторе «Дружба» Смоленской области с 2017 по 2024 год исследовали животных бурой швицкой породы КРС (n = 1355 гол.). В качестве генетических маркеров использовали ал-

лели EAB-локуса групп крови, которые определяли общепринятыми методами с установлением достоверности записей происхождения каждого животного. В гемолитических тестах по выявлению наследственно обусловленных групп крови применяли 55 реагентов, изготовленных в лаборатории института. Генотипы животных устанавливали семейным анализом. Продуктивные признаки учитывали за 305 дн. первой лактации, используя данные базы Селэкс. Определяли содержание жира и белка в молоке. Продуктивное долголетие рассчитывали по коровам, выбывшим из стада.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Бурая швицкая порода КРС в Смоленской области по численности продолжительное время занимала ведущее место. Племенным молодняком хозяйства области обеспечивали многие регионы. Для улучшения продуктивных и технологических качеств брали генофонд бурой швицкой породы американской (БША) и джерсейской селекции. Всеобщая по России тенденция к сокращению поголовья скота затронула и бурую швицкую породу. В племрепродукторе «Дружба» с помощью организационно-хозяйственных мер дойное стадо полностью сохранили, с применением современных методов селекции и генетики молочная про-

Таблица 1.

Молочная продуктивность первотелок с разными EAB-аллелями

Аллель	n	Возраст первого отела, мес.	Дойные дни	Удой, кг	Жир		Белок		Живая масса
					%	кг	%	кг	
					за 305 дн.				
G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ I ₂ G ₂ '	22	24,6±0,4	347±17	6739±198	4,31±0,05	289,9±7,8	3,15±0,02	212,5±6,1	511±2
B ₁ O ₃ Y ₂ A ₁ E ₃ G ₂ P ₁ Q ₁ Y'	129	28,7±0,6	349±6	5827±113	4,19±0,03	244±4,9	3,28±0,01	190,4±3,6	501±2
O ₂ A ₂ I ₂ K ₁ O'	8	27,1±1,1	381±24	5484±270	4,13±0,08	227,3±13,8	3,37±0,06	185,8±12	499±9
Y ₂ A ₁ '	7	35,4±4,1	398±13	5443±438	3,92±0,05	213,1±16,9	3,3±0,04	179,9±14,9	505±16
B ₁ P ₁ Y ₂ G ₁ Y'	259	27,1±0,2	384±6	5432±69	4,08±0,02	221,4±2,9	3,35±0,01	181,8±2,3	494±2
O ₂ E ₃ G ₂ '	18	26,6±0,8	332±16	5402±281	4,36±0,07	234,3±11,3	3,19±0,02	172,1±8,6	510±3
B ₁ P ₁ T ₁ P ₁ B ₁ '	3	25,3±0,3	289±7	5385±312	4,17±0,06	224,9±15,9	3,35±0,07	179,7±6,4	501±6
G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ₂ '	920	26,7±0,1	352±3	5290±41	4,18±0,01	219,9±1,7	3,4±0,01	179,3±1,4	497±1
G ₁ O'	169	27,2±0,3	351±6	5260±93	4,18±0,02	218,8±3,7	3,37±0,01	177,2±3,1	495±3
P ₁ QA ₁ E ₁ I'	5	27±1,1	377±21	5204±235	3,99±0,07	206,9±6,7	3,31±0,03	172±6,7	498±8
I ₁ G ₁ G ₁ '	4	26,5±0,6	374±6	5186±355	4,07±0,13	210,1±10,4	3,39±0,05	175,5±11,7	479±20
O'	36	29,6±1,3	372±14	5182±208	4,05±0,05	209,7±8,5	3,33±0,02	172,5±7	486±5
B ₁ G ₂ KY ₂ E ₁ F ₁ O ₁ G ₁ '	80	27,2±0,3	348±9	5128±148	4,35±0,04	220,5±6	3,4±0,02	173,1±4,6	511±3
I ₁ Q'	18	26,60±0,6	428±48	5119±247	4,07±0,05	208,3±10,1	3,37±0,03	173,1±9	419±4
O ₁	35	28,8±1	343±13	5088±204	4,11±0,06	207,3±7,5	3,33±0,02	168,8±6,5	499±5
B ₁ G ₁ KE ₁ F ₂ O'	93	26,1±0,2	347±9	5010±113	4,33±0,03	216,1±4,6	3,43±0,01	171,6±3,8	510±2
B ₁ I ₂ A ₁ D ₁ G ₁ Q'	23	28,5±0,7	355±17	4983±223	4,15±0,09	205,2±8,8	3,35±0,03	166,9±7,6	491±7
E ₃ F ₂ O'	21	30,1±1,4	349±18	4967±224	4,09±0,06	202,7±9	3,34±0,03	165,9±7,5	488±7
I ₁ O'	36	26,8±0,4	368±16	4934±170	4,18±0,07	204,1±6,1	3,41±0,02	168,2±5,7	490±6
I ₁ Y ₂ E ₁ G ₁ I ₁ G ₁ '	127	27,1±0,3	354±9	4861±120	4,14±0,03	201±5,1	3,38±0,01	163,9±4	495±3
G ₃ O ₁ T ₁ A ₂ E ₃ F ₂ K'	15	30,5±2,1	395±38	4814±211	4,07±0,06	195,1±8,3	3,29±0,03	157,6±5,7	483±7
I ₁ O ₁ QA ₂ '	12	28,3±2	382±29	4806±212	4,12±0,05	198,9±10,4	3,38±0,03	162,3±7,2	487±11
b	206	28,3±0,3	359±6	4796±76	4,05±0,02	193,9±3,2	3,33±0,01	159,6±2,5	485±3
I ₁	10	26,7±0,8	335±31	4616±457	4,4±0,14	199,1±18	3,42±0,04	156,7±15	508±13
G ₂ O ₁ E ₁ I'	95	27,5±0,3	338±7	4514±123	4,14±0,03	185,8±4,9	3,37±0,01	152±4,1	473±4
O ₁ Q'	4	26,3±0,5	363±39	4504±543	3,91±0,05	175,7±20	3,31±0,03	148,7±17,1	468±13
В среднем	1355	27,3±0,8	355±5	5175±17	4,16±0,16	214,3±3,4	3,37±0,08	174,2±3,1	495±1

дуктивность коров *бурой швицкой* породы постоянно растет. С 2017 по 2022 год удой повысился на 2191 кг и составил 7567 кг молока (рекордный показатель в регионе). Постоянно проводимый нами иммуногенетический мониторинг аллелофонда позволил контролировать изменения в генетической структуре стада и породы.

В 2022 году в генотипах животных стада выявили 45 ЕАВ-аллелей — на четыре меньше, чем в 2017 году и на 23, по сравнению с породой. Наибольшее распространение (76,5%) получил наследственный материал, контролируемый семью маркерами, из них только два аллеля унаследованы от животных *бурой швицкой* породы отечественной селекции, остальные — от БША. Вследствие распространения небольшого количества генов, уровень гомозиготности за пять лет возрос на 82,8% и составил 19,5%. В результате использования семени импортных быков-производителей или их потомков, имеющих в своих генотипах маркерный ЕАВ-аллель $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$, происходит накопление генетического материала, маркированного этим аллелем. Его концентрация к 2022 году возросла на 83,6%, по сравнению с 2017. Носители данного маркера — 40% коров стада, что на 20,8% превышает соответствующий показатель по породе в целом.

Для определения селекционной ценности отдельных маркерных ЕАВ-аллелей в хозяйстве провели анализ молочной продуктивности 1355 первотелок в зависимости от наследования определенного маркера (табл. 1). Установили ЕАВ-аллели, положительно коррелирующие с молочной продуктивностью. Коровы, генотип которых маркируют $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2I/G''/2$, $B_1O_3Y_2A_1E_3G/P/Q/Y'$, $B_1P_1Y_2G/Y'$, $O_2A_2J_2K/O'$, Y_2A_1 и некоторые другие, имели продуктивность, превышающую средние показатели в стаде. Превосходство по удою за 305 дн. первой лактации составляло от 8 до 1564 кг молока, выходу молочного жира — до 75,6 кг, молочного белка — до 40 кг. Положительная разница в продуктивности носителей аллелей $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2I/G''/2$, $B_1O_3Y_2A_1E_3G/P/Q/Y'$, $B_1P_1Y_2G/Y'$, по

сравнению со средними показателями стада, статистически значима ($p \leq 0,001$).

Также выявлены аллели, маркирующие наследственность коров, обладающих более низкой молочной продуктивностью, с удоем на 47...671 кг молока меньше, чем в среднем по стаду. Из них достоверно ниже удой животных с аллелями $G_2O_1E_1I'$, b ($p \leq 0,001$), $I_1Y_2E_1G'I/G''$ ($p \leq 0,01$).

Лучшие показатели (4,31...4,40%) по содержанию жира в молоке установлены у первотелок с аллелями $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2I/G''/2$, $O_2E_2G''/2$, $B_1G_1KE_1F_2O'$, $B_1G_2KY_2E_1F'O/G''/2$, I_1 , белка в молоке (свыше 3,40%) — с маркерами $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$, $B_1G_1KE_1F_2O'$, $B_1G_2KY_2E_1F'O/G''/2$, $I'Q'$, I_1 .

Особый интерес представляют животные с маркерным ЕАВ-аллелем $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$ БША в генотипе, занимающие ведущее место в стаде хозяйства. По величине удоя за первую лактацию (5290 кг) эта группа коров на восьмом месте из всех представленных в первой таблице (превышение среднего удоя — 115 кг молока, $p \leq 0,01$), имеет небольшое преимущество и по другим анализируемым показателям (скороспелость, содержание жира и белка в молоке, живая масса).

У каждого животного в ЕАВ-локусе есть два аллеля — от отца и матери, вместе они образуют генотип. Он отражает наследственность и оказывает большее влияние на фенотип животного, чем отдельный ген. Анализировали селекционируемые признаки особей, у которых одним из аллелей генотипа был самый распространенный в стаде маркер $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$, а альтернативным другой аллель этого же ЕАВ-локуса. Распределили всех коров хозяйства на группы с разными генотипами. Всего в стаде было выявлено 43 генотипа, в таблице 2 приведены данные по 15 наиболее многочисленным группам. Подавляющее число генотипов представлено ЕАВ-аллелями, унаследованными от БША, за исключением $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2/O_1$, $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2/G_1O'$, $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2/O'$, где второй аллель маркирует

Таблица 2.

Молочная продуктивность первотелок с ЕАВ-аллелем $G3O1T1Y2E/3F/2G//2$ в генотипе

Генотип	n	Возраст первого отела, мес.	Дойные дни	Удой за 305 дн., кг	М.Д.Ж.		М.Д.Б.		Живая масса, кг
					%	кг	%	кг	
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$	12	24,7±0,5	374,3±28,4	6586±365**	4,30±0,08	281,4±13,1***	3,15±0,02***	208,1±12,0**	510±4**
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2 // B_1G_1KE_1F_2O'$	23	25,7±0,4*	377±19	5795±200	4,24±0,06	245,3±9**	3,46±0,04	200,7±7,1**	506±3**
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2 // G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2$	88	26,4±0,4	349±8	5612±137*	4,23±0,03*	235,9±5,4**	3,42±0,02	191,1±4,5*	501±2*
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2 // O_1$	15	30,1±1,7*	360±25	5433±292	4,03±0,08	217,6±10,8	3,27±0,03***	177,7±9,6	488±6
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2 // G_1O'$	46	26±0,5	346±12	5414±188	4,13±0,05	221,6±7	3,43±0,02	185,6±6,5	500±4
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2 // B_1P_1Y_2G/Y'$	48	26,5±0,4	340±9	5387±160	4,19±0,05	224,6±6,6	3,44±0,03	185,5±5,9	493±4
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2 // I'Q'$	14	26,7±0,7	453±60	5316±273	4,08±0,05	216,8±11,1	3,39±0,03	180,5±10,2	497±4
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2 // B_1O_3Y_2A_1E_3G/P/Q/Y'$	24	26,3±0,6	345±17	5242±265	4,15±0,07	217,1±11,2	3,42±0,03	179,3±9,5	497±5
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2 // B_1G_2KY_2E_1F'O/G''/2$	12	26,9±0,8	378±32	5220±242	4,02±0,07	209,4±10,5	3,45±0,05	180,3±8,9	507±7
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2 // b$	209	26,5±0,2	340±6	5095±81	4,15±0,02	210,6±3,3	3,4±0,01	172,6±2,7	494±2
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2 // O'$	20	26,7±0,6	378±21	5094±216	4,08±0,08	206,8±8,5	3,39±0,03	173,3±8,4	487±6
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2 // другие$	42	27,5±0,5*	372±12	5068±178	4,1±0,05	206,6±7,1	3,38±0,02	171,3±6,2	496±6
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2 // I_1Y_2E_1G'I/G''/2$	47	25,9±0,5	336±8	5006±205	4,15±0,05	206,5±8,3	3,44±0,02	172,4±7,1	496±4
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2 // G_2O_1E_1I'$	16	25,1±0,4***	311±11	4982±357	4,58±0,11***	223,8±13,5	3,47±0,05	172,5±12,9	502±3
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''/2 // B_1A_1D'G/Q'$	10	26,6±0,7	320±12*	4670±427	4,4±0,17	203,2±16,6	3,43±0,04	160±14,6	494±11
	614	26,5±0,2	350±5,8	5246±59	4,16±0,01	217,4±2,02	3,41±0,01	178,7±1,83	496±1

Примечание. Разница достоверна при уровнях значимости: * — $p \leq 0,05$, ** — $p \leq 0,01$, *** — $p \leq 0,001$. То же в табл. 3, 5.

Таблица 3.

Молочная продуктивность дочерей быка-производителя Атлет 3075 с альтернативными EAB-аллелями отца (305 дн., первая лактация)

Аллель	n	Возраст первого отела, мес.	Дойные дни	Удой, кг	М.Д.Ж.		М.Д.Б.	
					%	кг	%	кг
G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ I ^g G ^g ₂	39	24,7±0,4	347±17	7057±171	4,32±0,04	304,8±7,7	3,11±0,01	218,8±5,0
B ₂ O ₃ Y ₂ A ₂ E ₃ G ^g ₂ P/Q ^g	29	24,2±0,3	336±15	6491±173	4,35±0,04	282,4±8,0	3,10±0,02	201,3±5,8
Разница		+0,5	+11	+656*	-0,03	+22,4*	+0,01	+17,5*

наследственность животных отечественной селекции и генотипа G₃O₁T₁Y₂E₃F₂G^g₂// G₂O₁E₁I^g с маркером *джерсейской* породы.

Установили, что между животными, генотип которых не совпадает только по одному аллелю, существуют значительные различия по основным хозяйственно значимым признакам. Коровы с генотипами G₃O₁T₁Y₂E₃F₂G^g₂// G₃O₁T₁Y₂E₃F₂I^gG^g₂, G₃O₁T₁Y₂E₃F₂G^g₂//B₁G₁KE₁F₂O^g, G₃O₁T₁Y₂E₃F₂G^g₂//O₁, G₃O₁T₁Y₂E₃F₂G^g₂//G₁O^g, G₃O₁T₁Y₂E₃F₂G^g₂//B₁P₁Y₂G^gY^g по величине удоя за 305 дн. первой лактации на 141...1340 кг превосходили среднюю продуктивность коров всех анализируемых групп. Особи с генотипом G₃O₁T₁Y₂E₃F₂G^g₂// B₁G₁KE₁F₂O^g превосходят по удою средний показатель по выборке на 549 кг молока (p<0,01). Разница между удоем первотелок имеющих генотип G₃O₁T₁Y₂E₃F₂G^g₂// G₃O₁T₁Y₂E₃F₂I^gG^g₂ и удоем первотелок с генотипом G₃O₁T₁Y₂E₃F₂G^g₂// B₂I₂A₁D/G/Q/ составила 1916 кг молока (p<0,01).

Лучшей жирномолочностью (4,58%, p<0,001) и белковомолочностью обладали коровы с генотипом G₃O₁T₁Y₂E₃F₂G^g₂// G₂O₁E₁I^g.

Полученные данные свидетельствуют о различном влиянии наследственных факторов, маркируемых EAB-аллелем G₃O₁T₁Y₂E₃F₂G^g₂, в сочетании с наследственными особенностями животных с другими EAB-аллелями.

При селекции на повышение молочной продуктивности происходит консолидация наследственного материала выдающихся животных породы и растет общий уровень гомозиготности, что установлено на примере стада *бурого швицкого* скота племенного репродуктора «Дружба», в котором возрастание концентрации маркера G₃O₁T₁Y₂E₃F₂G^g₂ привело к появлению большого количества гомозиготных по нему коров.

Увеличивается концентрация определенных аллелей под влиянием инбридинга (в стаде 23% коров, инбредных в разной степени), использования быков-произво-

Таблица 4.

Коровы-рекордистки бурой швицкой породы

Кличка, номер		Продуктивность по максимальной лактации			Генотип
		Удой, кг	Жир, %	Белок, %	
Рада	318	12091	4,21	2,98	G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂ /O ₁ Y ₂ D ^g E ₃ G ^g ₂
Южанка	207	11720	3,66	3,42	G ₁ O ^g /E ₃ F ₂ O ^g G ^g ₂
Дона	313	11184	3,76	3,64	G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂ /G ₁ O ^g
Каприза	388	11096	3,7	3,56	G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂ /B ₂ P ₁ Y ₂ G ^g Y ^g
Вербка	3666	11010	3,87	3,23	G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂ /I ₁ G ^g G ^g ₂
Тихоня	316	10964	4,23	3,2	G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂ /b
Дубрава	102	10909	3,94	3,31	B ₂ G ₁ KY ₂ E ₃ F ₂ O ^g G ^g ₂ /O ₁
Грация	457	10856	4,26	3,15	G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂ /G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂
Санта	108	10821	3,86	3,61	G ₁ O ^g /B ₂ O ₃ Y ₂ A ₂ E ₃ G ^g P ^g Q ^g Y ^g
Сваха	236	10760	4,34	3,13	B ₂ G ₂ KE ₂ F ₂ O ^g /B ₂ P ₁ Y ₂ G ^g Y ^g
Бажена	3967	10602	3,79	3,61	G ₁ O ^g /G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂
Акация	3829	10579	4,21	3,05	G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂ /G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂
Лавка	424	10537	3,87	3,11	G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂ /G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂
Услава	330	10496	4,47	3,21	G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂ /b
Мурена	567	10364	3,78	3,48	G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂ /G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂
Кукла	3847	10324	4,08	3,02	G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂ /B ₂ G ₁ KE ₁ F ₂ O ^g
Августина	193	10320	4,41	3,04	G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂ /G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂
Луна	635	10263	4,12	3,24	G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂ /O ^g
Саяна	3798	10259	3,79	3,42	G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂ /b
Ромашка	3821	10242	4,15	3,1	G ₁ O ^g /A ₂ E ₂ F ₂
Ириска	668	10214	4,19	3,11	G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂ /B ₂ G ₁ KE ₁ F ₂ O ^g
Зина	1283	10128	4,27	2,93	B ₂ O ₃ Y ₂ A ₂ E ₃ G ^g P ^g Q ^g Y ^g /G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂
Умка	4024	10062	3,87	3,29	G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂ /B ₂ I ₂ A ₁ D ^g Q ^g
Афина	673	10054	3,88	3,11	G ₃ O ₁ T ₁ Y ₂ E ₃ F ₂ G ^g ₂ /G ₁ O ^g

Таблица 5.

Продуктивное долголетие коров с EAB-аллелем $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$ в генотипе

Генотип	n	Возраст первого отела, мес.	Удой пожизненный, кг	М.Д.Ж.		М.Д.Б.		Возраст, лакт.
				%	кг	%	кг	
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // O'$	20	26,7±0,6	24408±3843	4,12±0,09	985±150,3	3,41±0,02	824,4±126,5	4±0,48
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // B_1G_1KY_1E_1F_1O'/G''$	12	26,9±0,8	24365±10113	4,02±0,05	984,1±412,2	3,43±0,04	822,8±338,1	3,58±0,79
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // B_2I_1A_1D'/G'Q'$	10	26,6±0,7	22140±2972	4,07±0,05	901,9±122,2	3,4±0,03	749,4±97,3	4,1±0,43
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // G_2O_1E_1I'$	16	25,1±0,4***	19398±3379	4,24±0,09	831,5±149,2	3,42±0,03	663,2±114,4	3,25±0,36
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // \text{остальные}$	42	27,5±0,5*	18767±1890	4,08±0,03	764±76,4	3,38±0,02	632,4±63,7	3,55±0,25
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // B_1O_3Y_2A_2E_3G/P'Q'Y'$	24	26,3±0,6	18405±2566	4,09±0,05	757,5±105,5	3,43±0,03	626,7±86,4	3,54±0,32
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // I'$	13	26,3±0,6	18016±2754	4,13±0,05	750±118,3	3,38±0,02	611,3±94,1	3,23±0,47
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // b$	209	26,5±0,2	17729±897	4,15±0,02	730,7±36,8	3,4±0,01	600,6±30,2	3,37±0,11
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // O_1$	15	30,1±1,7*	17545±3235	4±0,08	690,9±124,9	3,31±0,03	580±107,2	3,13±0,5
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // G_1O'$	46	26±0,5	16897±2168	4,06±0,04	688,6±89	3,4±0,02	573,3±73,1	3,11±0,22
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // B_1P_1Y_1G'Y'$	48	26,5±0,4	16735±1823	4,15±0,03	691,4±75,6	3,41±0,02	569,4±62,2	3,17±0,19
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // I'Q'$	14	26,7±0,7	16619±3373	4,15±0,07	693,7±143,2	3,31±0,02	553,4±113,1	3,21±0,33
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$	88	26,4±0,4	15672±1329	4,22±0,03*	659±56,4	3,37±0,02	528±44,9	2,77±0,14**
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // I_1Y_2E_1G'Y'$	47	25,9±0,5	14969±1777	4,12±0,04	613,8±71	3,42±0,03	511,3±60,5	3,21±0,21
$G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // B_1G_1KE_1F_2O'$	23	25,7±0,4*	13582±1827	4,34±0,09*	582,4±73,9	3,32±0,05	450,5±60,8*	2,65±0,21**
В среднем	627	26,5±0,2	17469±518	4,14±0,01	720,5±19,4	3,39±0,01	591±16,4	3,25±0,06

дителей в отдаленной степени имевших общего предка (60% имеют в генотипе аллель $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$, унаследованный от предков БША, в том числе быки Вий и Мусс гомозиготны по данному аллелю и маркер $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$ передали всем своим дочерям).

Анализом уровня молочной продуктивности гомозиготных в EAB-локусе коров ($G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$) установили их превосходство над гетерозиготными ($G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // \text{другие}$) по удою на 428 кг, массовой доле жира – 0,09% (22,5 кг), белка – 0,01% (4,3 кг), живой массе после первого отела – 6,0 кг. Также от гомозиготных животных за первую лактацию получили больше молочной продукции, чем в среднем по выборке, со статистически значимой разностью ($p \leq 0,05$).

У коров с генотипом $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // G_3O_1T_1Y_2E_3F_2I/G''_2$ самый высокий потенциал молочной продуктивности. Маркер $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2I/G''_2$ эта группа животных унаследовала от отца – быка-производителя Атлета 3075, закупленного в ООО «Вера» Ростовской области. Животные, в генотипах которых данный маркер сочетается с EAB-аллелем $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$, по показателям молочной продуктивности (за исключением содержания белка в молоке) за первую лактацию (6586 – 4,30 – 281 – 3,15 – 208,1) превосходили своих аналогов с другими генотипами.

У дочерей Атлета, унаследовавших часть его генотипа, маркированную EAB-аллелем $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2I/G''_2$ были выше показатели молочной продуктивности за 305 дн. первой лактации, чем у их полусестер с наследственным материалом Атлета, маркированным EAB-аллелем $B_1O_3Y_2A_2E_2E_3G/P'Q'Y'$ (табл. 3). Маркер $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2I/G''_2$, вероятнее всего, получен в результате кроссинговера присоединением к аллелю $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$ участка хромосомы с антигеном I' и обогатившим наследственность Атлета другими ценными в отношении молочной продуктивности генами.

В результате насыщения популяции животных генетическим материалом с маркером $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$ в стаде увеличивается количество коров с рекордным для бурой швицкой породы удоем свыше 10000 кг мо-

лока за лучшую лактацию. В генотипах 19 из 24 коров-рекордисток установлено присутствие маркера $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$, что составляет 79% общего количества (табл.4). У пяти из них (21%) данный аллель находится в гомозиготном состоянии, что способствует проявлению лучшей для породы продуктивности по удою, 42% рекордисток содержат в своих генотипах маркеры животных отечественной селекции.

Изучили продуктивное долголетие коров, у которых в генотипе EAB-локуса маркер $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$ сочетается с другими EAB-аллелями, найдены существенные различия между группами коров по всем анализируемым признакам (табл. 5). Возраст первого отела варьировал от 25,1 до 30,1 мес., пожизненный удой – 13582...24408 кг молока, жирномолочность – 4,00...4,34%, белкомолочность – 3,31...3,42%, продуктивное долголетие – 2,65...4,1 лактации, выход молочного жира – 582,4...985,0 кг, белка – 450,5...824,4 кг.

Коровы с генотипами $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // B_1G_1KY_1E_1F_1O'/G''$, $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // B_2I_1A_1D'/G'Q'$, $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // G_2O_1E_1I'$ имели более высокое продуктивное долголетие и превосходили средние показатели выбывших по пожизненному надою на 2469...6939 кг молока, выходу молочного жира – 111,0...264,5 кг и белка – 72,2...233,4 кг. Количество лактаций у них больше на 0,0...0,85 лактации, чем в среднем по исследованным выбывшим коровам.

Особи с генотипами $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // I_1Y_2E_1G'Y'$, $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // B_1G_1KE_1F_2O'$ имели самые низкие показатели продуктивного долголетия из всех животных, исследованных по этому признаку. За всю продуктивную жизнь от них получили меньше, чем в среднем по выборке на 2500...3800 кг молока, 106,7...138,1 кг молочного жира и 79,7...140,5 кг молочного белка, на 0,04...0,6 лактаций за период жизни.

Гомозиготные в EAB-локусе коровы ($G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$) по величине удою, выходу молочного жира и белка за период хозяйственного использования имели показатели ниже уровня средних по выборке, а также более короткую (на 0,48 лактации) продуктивную жизнь ($p \leq 0,01$). Считаем,

что невысокое продуктивное долголетие гомозиготных коров, по сравнению с гетерозиготными, обеспечено негативным фенотипическим проявлением идентичных аллелей в EAB-локусе ($G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2 // G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$), отсутствием эффекта гетерозиса, что приводит к снижению жизнеспособности организма и более раннему выбытию. Такие животные способны проявлять высокую молочную продуктивность в короткий жизненный период, требовательны к условиям содержания, особенно рациону кормления. В данном случае имеет место инбридинг, выявляемый с помощью генетических маркеров и который из-за отдаленности общего предка, не учитывается при традиционной оценке родословных.

Выводы. С помощью маркерных генов групп крови определили сокращение генетической изменчивости и повышение уровня гомозиготности стада *бурой швицкой* породы крупного рогатого скота. Из 45 выявленных у животных стада EAB-аллелей концентрация семи маркеров – 76,5%. Наибольшее распространение в стаде (40%) получили животные с EAB-аллелем $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$ – на 20% выше, чем по породе в целом. Удой коров вследствие консолидации лучшего генетического материала животных возрос за пять лет на 2191 кг и составил 7567 кг.

Установлены EAB-аллели, сопряженные с высоким и низким уровнями молочной продуктивности коров. Животные гомозиготные по распространенному в стаде маркеру $G_3O_1T_1Y_2E_3F_2G''_2$ по первой лактации превосходили сверстниц с другими генотипами, но имели низкие показатели продолжительности жизни и полученной за это время продукции. Считаем, что гомозиготное состояние генотипа в EAB-локусе групп крови, по сравнению с гетерозиготным, снижает жизнеспособность потомства.

Необходимо продолжить оценку быка-производителя Атлет 3075 по качеству потомства с учетом наследования его маркерных EAB-аллелей и продуктивного долголетия дочерей.

Использование групп крови как генетических маркеров позволяет повысить эффективность селекционной работы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гонтов М.Е., Кольцов Д.Н. Молочная продуктивность и гетерогенность в EAB, EAF локусах бурого швицкого скота // Аграрный научный журнал. 2020. № 6. С. 53–58. DOI: 10.28983/asj.y2020i6pp53-58
2. Гонтов М.Е., Кольцов Д.Н., Дмитриева В.И. Объективный способ сохранения генов отечественных малочисленных пород скота // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 4. С. 78–81. DOI: 10.31857/2500-2082/2023/4/78-81
3. Гончаренко Г.М. Генетические маркеры и их значение в селекционно-племенной работе // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2008. № 6. С. 47–53.
4. Гридин В.Ф., Гридина С.Л., Лешонок О.И. и др. Распределение высокопродуктивных коров по частоте встречаемости аллелей // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2018. № 4. С. 222–225. DOI: 10.17238/issn2072-6023.2018.4.222
5. Дмитриева В.И., Кольцов Д.Н. Генетические маркеры групп крови при оценке молочной продуктивности коров семейств сычужской породы // Зоотехния. 2023. № 8. С. 2–7. DOI: 10.25708/ZT.2023.73.82.001

6. Кузнецов В.М. Ассоциации групп крови с количественными признаками. MAS и геномная селекция [Электронный ресурс]. Режим доступа: vm-kuznetsov.ru>files/etude/13_blood_gs.pdf. 2009. С. 1–17. обновл.10.04.2010.
7. Марзанов Н.С., Корещкая Е.А., Марзанова С.Н. и др. Иммуногенетический способ определения моно- и дизиготности у потомков четырех видов жвачных животных // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 6. С. 49–61. DOI: 10.34677/0021-342x-2019-6-49-61
8. Новиков А.А., Хрунова А.И., Букаров Н.Г. Изменение аллелофонда EAB-системы групп крови холмогорской породы крупного рогатого скота в связи с голштинизацией // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2014. № 5-1. С. 204–207.
9. Попов Н.А., Марзанова Л.К., Некрасов А.А. и др. Аллелофонд голштинской породы и его использование для совершенствования молочности крупного рогатого скота Российской Федерации // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 4. С. 14–20.
10. Попов Н.А., Саморуков Ю.В. Использование аллелофонда систем групп крови крупного рогатого скота при чистопородном разведении и скрещивании // Дубровицы: ВИЖ, 1996. 65 с.
11. Шукюрюва Е.Б., Марзанов Н.С. Использование генов-маркеров при селекции молочной продуктивности дальневосточного черно-пестрого скота // Биологические науки в XXI веке. Проблемы и тенденции развития. Сб. науч. трудов III Межд. науч.-практ. конф. Башкирский государственный университет, Бирский филиал, 2018. С. 250–254.
12. Электронный ресурс. https://shoppers.media/news/12930_v-rossii-vpervye-za-10-let-upala-samoobespechennost-molocnyimi-produktami. (дата обращения 20.02.2024).

REFERENCES

1. Gontov M.E., Kol'cov D.N. Molochnaya produktivnost' i geterogennost' v EAB, EAF lokusah burogo shvickogo skota // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2020. № 6. S. 53–58. DOI: 10.28983/asj.y2020i6pp53-58
2. Gontov M.E., Kol'cov D.N., Dmitrieva V.I. Ob'ektivnyj sposob sohraneniya genov otechestvennykh malochislennykh porod skota // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2023. № 4. S. 78–81. DOI: 10.31857/2500-2082/2023/4/78-81
3. Goncharenko G.M. Geneticheskie markery i ih znachenie v selekcionno-plemennoj rabote // Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 2008. № 6. S. 47–53.
4. Gridin V.F., Gridina S.L., Leshonok O.I. i dr. Raspredelenie vysokoproduktivnykh korov po chastote vstrechaemosti allelej // Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii. 2018. № 4. S. 222–225. DOI: 10.17238/issn2072-6023.2018.4.222
5. Dmitrieva V.I., Kol'cov D.N. Geneticheskie markery grupp krovi pri ocenke molochnoj produktivnosti korov semejstv sychevskoj porodny // Zootekhniya. 2023. № 8. S. 2–7. DOI: 10.25708/ZT.2023.73.82.001
6. Kuznecov V.M. Associacii grupp krovi s kolichestvennymi priznakami. MAS i genomnaya selekciya [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: vm-kuznetsov.ru>files/etude/13_blood_gs.pdf. 2009. S. 1–17. obnobl.10.04.2010
7. Marzanov N.S., Koreckaya E.A., Marzanova S.N. i dr. Immunogeneticheskij sposob opredeleniya mono- i dizigotnosti u potomkov chetyrekh vidov zhvachnykh zhivotnykh // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2019. № 6. S. 49–61. DOI: 10.34677/0021-342x-2019-6-49-61
8. Novikov A.A., Hrunova A.I., Bukarov N.G. Izmenenie allelofonda EAV-sistemy grupp krovi holmogorskoj porodny krup-

- nogo rogatogo skota v svyazi s golshtinizaciej // Teoreticheskie i prikladnye aspekty sovremennoj nauki. 2014. № 5-1. S. 204–207.
9. Popov N.A., Marzanova L.K., Nekrasov A.A. i dr. Allelofond golshtinskoj porody i ego ispol'zovanie dlya sovershenstvovaniya molochnosti krupnogo rogatogo skota Rossijskoj Federacii // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2018. № 4. S. 14–20.
 10. Popov N.A., Samorukov Yu.V. Ispol'zovanie allelofonda sistem grupp krovi krupnogo rogatogo skota pri chistoporodnom razvedenii i skreshchivanii // Dubrovicy: VIZH, 1996. 65 s.
 11. Shukyurova E.B., Marzanov N.S. Ispol'zovanie genov-markeroev pri selekcii molochnoj produktivnosti dal'nevostochnogo cherno-pestrogo skota // Biologicheskie nauki v XXI veke. Problemy i tendencii razvitiya. Sb. nauch. trudov III Mezhd. nauch.-prakt. konf. Bashkirskij gosudarstvennyj universitet, Birskij filial, 2018. S. 250–254.
 12. Elektronnyj resurs. https://shoppers.media/news/12930_v-rossii-vpervye-za-10-let-upala-samoobespecennost-molocnymi-produktami. (data obrashcheniya 20.02.2024).

Поступила в редакцию 11.03.2024

Принята к публикации 25.03.2024