

УДК 575.174.015.3:636.237.21:575.162
DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2022.1.44-53

МОНИТОРИНГ АЛЛЕЛОФОНДА ГРУПП КРОВИ ГОЛШТИНИЗИРОВАННОЙ ЧЁРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Шаталина О.С., Ярышкин А.А., Лешонок О.И.

*Уральский федеральный аграрный научно исследовательский центр
УрО РАН, Екатеринбург, Российская Федерация*

На основе мониторинга аллелофонда групп крови у современных пород высокопродуктивного молочного скота можно осуществлять отбор селекционного материала с последующим закреплением удачных сочетаний на большом поголовье потомков. Цель исследования – изучить особенности аллелофонда у коров голштинизированной чёрно-пестрой породы крупного рогатого скота и его изменения в период 2013-2018 г.г. на трёх племенных предприятиях Свердловской области (Патруши, Белореченский и Глинский). Определение аллелофонда ЕАВ-системы групп крови проведено с использованием гемолитических тестов; животные были аттестованы по группам крови и по происхождению ($n=1812$). Рассчитана частота встречаемости каждого аллеля, унаследованного по отцовской, материнской линии и по аллелофонду в целом. Выявлено, что маркерами голштинизированной чёрно-пестрой породы являются аллели $G_2Y_2E'_1Q'$ и I_2 . Данные аллели имели наибольшую частоту встречаемости со стороны и отца, и матери; частота встречаемости превышала 10% и в отдельных случаях достигала 45%. Количество аллелей со стороны отца составило 19-21 на популяцию племенного предприятия, и со стороны матери – 20-22. Спектр неинформативных аллелей варьирует от трех до 13 аллелей на популяцию.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, группы крови, аллели, частота встречаемости, маркеры
Проблемы биологии продуктивных животных, 2022, 1: 44-53

Введение

Применение достижений генетики, в частности иммуногенетики, позволяет вывести животноводство на качественно новый уровень (Сердюк, 2018). Отбирая селекционный материал, а также сохраняя удачные сочетания и закрепив их на большом поголовье потомков, селекционеры получают высокопродуктивные особи крупного рогатого скота (Hunter, 2001; Radko et al., 2019; Grobler et al., 2021). В молочном скотоводстве проводят генетический мониторинг с использованием маркерных групп крови (Ткаченко и др., 2015; Букаров и др., 2016). Выявлено, что у сычёвской породы крупного рогатого скота, распространенной в Смоленской области, многие аллели ЕАВ-локуса являются генетическими маркерами (Дмитриева и др., 2018).

Установлены 24 аллеля у костромской породы крупного рогатого скота. Наибольшее распространение имеет аллель $G_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2$ (Подречневая и др., 2016). В айрширской породе крупного рогатого скота наибольшая численность установлена для аллелей $BYA'E'_3G'P'Q'$, $B_1I_1O_1P_1P'_1F'_2G''$, $B_1I_1P_1A'_1G''$, $B_2G_2O_1G''$, $Y_2A'_2$ (Кондратюк, 2019). Выявлена высокая концентрация антигенов групп крови у коров чёрно-пестрой породы: в системе В - G_2 – 63,5%, Y_2 – 63,5%, Q' – 63,5%, в системе С - X_2 – 63,5%, в системе S - H' – 79,3%, в системе F-V - F – 84,4% (Шендаков, Глазкова, 2019). Аналогичные данные получены при исследовании крупного рогатого скота в Республике Башкортостан (Валитов и др., 2019).

Установлено, что основными антигенами В-системы групп крови у чёрно-пестрой породы крупного рогатого скота являются B_1 , G_2 , Y_2 , A'_1 , A'_2 , D' , E'_2 , Q' , G'' (Немцева, Лаврентьев, 2019). По данным (Шукюрова, 2017), основным аллелем ЕАВ-локуса групп крови у этой породы является $G_2Y_2E'_3Q'$. Выявлено, что антигены T_1 и B'' у коров связаны с более высокими показателями молочной продуктивности (Алиева, 2017). По данным (Глазкова, 2019), маркерами молочной продуктивности у коров являются антигены G_2 , Y_2 , Q' , E'_1 , C_1 , W .

Материал и методы

Исследования проведены в отделе животноводства и иммуногенетической экспертизы Уральского НИИСХ – филиала УрФАНИЦ УрО РАН. Исследованы 1812 образцов крови коров, принадлежащих племенным организациям Свердловской области: Агрофирма Патруши, СПК Глинский и АПК Белореченский. У животных определены группы крови и достоверность происхождения. Определение групп крови выполнено согласно методике (Сороковой, 1974) с 46 реагентами для 9 генетических систем. Аттестация животных по иммуногенетике проводилась в период с 2014 по 2020 годы, затем были сформированы группы из аттестованных коров по году рождения с 2013 по 2018.

Аллели групп крови, а также достоверность происхождения животных выявлены семейно-генетическим анализом по гемолитическим тестам родителей и потомков. Информативными считали аллели с частотой встречаемости более 5%. Исследования выполнены с использованием ЕАВ-системы групп крови, как наиболее информативной и рекомендованной в литературных источниках. Частота встречаемости аллелей рассчитана по количеству аллелей со стороны отца, со стороны матери и по аллелофонду с обеих сторон, так как группа крови животного состоит из двух аллелей по каждой генетической системе. Частота встречаемости каждого аллеля со стороны отца и со стороны матери в генетической структуре стад рассчитана по формуле: $P_1 = B_1/n$, где P_1 – частота аллеля, B_1 – общее число данного аллеля в исследуемой популяции, n – число животных. Частота встречаемости аллелей животных в целом рассчитана по формуле: $P_1 = B_1/2n$, где P_1 – частота данного аллеля, B_1 – общее число данного аллеля в исследуемой популяции, n – число животных. Частоты встречаемости аллелей изучены с учётом года рождения коров.

Результаты и обсуждение

В табл. 1 представлены данные по динамике аллелофонда групп крови, оцененного со стороны отца коров в агрофирме Патруши.

Таблица 1. Частоты встречаемости аллелей у быков в агрофирме Патруши, % (n=607)

Аллели	Год рождения и - количество животных, n					
	2013 -107	2014 - 119	2015 -115	2016 -103	2017 -107	2018 -56
G ₂ Y ₂ E ₁ Q'	22,4	23,5	45,2	26,2	18,7	33,9
I ₂	32,7	29,4	15,7	11,7	10,3	-
Y ₂ A ₁	1,9	7,6	12,2	5,8	14,0	12,5
D'E ₃ F ₂ G'O'	2,8	11,9	0,9	4,9	3,7	-
Q'	-	2,5	3,5	8,7	11,2	1,8
E ₃ F ₂ G'O'G"	21,5	0,8	-	-	-	-
O ₁ D'G'Q'	1,9	0,8	5,2	2,9	-	-
E ₃ G'Q'	-	0,8	-	-	-	-
B ₂ O ₁ B'	5,6	-	15,6	17,5	15,0	-
B ₁ G ₂ KO ₄ Y ₂ A ₂ O'	-	15,1	-	-	-	12,5
G"	5,6	1,7	-	-	-	-
Y ₁ G'G"	-	-	-	1,9	7,5	3,6
B ₂ O ₁	-	-	-	8,7	9,3	7,1
B ₁ I ₁	-	-	-	7,8	1,9	-
O ₃ J ₂ K'O'	1,9	1,7	1,7	-	-	-
E ₁	-	1,7	-	3,9	5,6	-
G ₁ I ₁	-	2,5	-	-	2,8	-
O ₁ Y ₁ E ₃ G'G"	3,7	-	-	-	-	-
E ₃ G'G"	-	-	-	-	-	28,6

Аллелофонд со стороны отца составляет 19 аллелей; лидирующее положение в течение ряда лет занимали аллели G₂Y₂E₁Q' и I₂. В 2013 и 2014 г. наиболее распространённым аллелем со стороны отца у коров был аллель I₂ с частотой встречаемости 33 и 29% соответственно. Также наблюдается снижение частоты аллеля I₂ в период 2013-2018 г.р. с 33 до 10% соответственно.

У коров 2015-2018 г.р. лидирующее положение со стороны аллелей от отца занимает G₂Y₂E₁Q' с частотой встречаемости 19-45%. Также довольно широкое распространение у коров в период 2015-2017 г.р. получил аллель B₂O₁B'. Это обусловлено осеменением коров-матерей быками Де-су 25941 и Феннек 4241542328. Следует отметить, что значительно распространены Y₂A₁ и Q'

у коров 2017 г.р.. Это связано с наличием в фенотипе быков Сео 69177565 и Дансер 88577 аллеля $Y_2A'_1$, а у быка Ренигейд 3011816312 – аллеля Q' . Эти быки широко использовались в 2015 г. в стаде агрофирмы Патруши. Наиболее редко встречаемым аллелем, передаваемым со стороны отца, является $O_3J'_2K'O'$, его частота встречаемости не превышает 1,9%. В популяции обнаружено 4 неинформативных аллеля со стороны отца: $E'_3G'Q'$, $O_3J'_2K'O'$, G_1I_1 и $O_1Y_1E'_3G'G''$. Следует отметить, что аллель $B_1G_2KO_4Y_2A'_2O'$ встречается только у коров 2014 и 2018 г.р., но имеет высокую встречаемость – 15 и 12%, соответственно, а аллель $E'_3G'G''$ присутствует только у животных 2018 г.р., но встречаемость его составляет 29%. Это обусловлено использованием быков-производителей, имеющих данные аллели. В табл. 2 представлены данные по динамике материнских аллелей в агрофирме Патруши.

Таблица 2. Частоты встречаемости аллелей у коров в агрофирме Патруши, % (n=607)

Аллели	Год рождения, - п					
	2013 - 107	2014 -119	2015 - 115	2016 -103	2017 -107	2018 -56
$B_1G_2KA'_1$	0,9	0,8	-	-	0,9	1,8
$G_2Y_2E'_1Q'$	21,5	17,6	18,3	19,4	22,4	19,6
I_2	22,4	20,2	22,6	20,4	21,5	32,1
$Y_2A'_1$	6,5	2,5	7,0	9,7	6,5	14,3
$D'E'_3F'_2G'O'$	1,9	8,4	-	10,7	6,5	1,8
Q'	5,7	4,2	7,0	3,9	5,7	5,4
$E'_3F'_2G'O'G''$	7,5	5,0	9,4	4,9	7,6	-
$O_1D'G'Q'$	3,7	3,4	2,6	1,0	1,9	1,8
$E'_3G'Q'$	4,7	6,7	6,1	4,9	3,7	1,8
B_2O_1B'	7,5	10,3	7,8	12,3	5,6	12,4
$B_1G_2KO_4Y_2A'_2O'$	2,8	2,5	1,7	1,0	0,9	-
G''	4,7	4,2	5,2	3,9	3,7	1,8
$Y_1G'G''$	1,9	-	3,5	-	0,9	1,8
B_2O_1	0,9	2,5	-	2,9	1,9	-
B_1I_1	-	1,7	-	1,0	-	-
$O_3J'_2K'O'$	0,9	2,5	3,5	1,0	2,8	-
E'_1	0,9	2,5	0,9	-	0,9	1,8
G_1I_1	-	0,8	0,9	1,0	2,8	-
$O_1Y_1G'G''$	2,8	2,5	1,7	1,0	1,9	1,8
$B_1O_3Y_2A'_2E'_3G'P'_2Q'G''$	-	1,7	0,9	1,0	1,9	1,8
$O_1A'_1$	0,9	-	-	-	-	-
$B_1G_2KO_4E'_1F'_2G'O'G''$	1,9	-	0,9	-	-	-

Аллелофонд, унаследованный со стороны матери, представлен 22 аллелями групп крови, т.е. имеет большее разнообразие, чем аллелофонд отцов. Это связано с тем, что коров в стаде используется значительно большее количество, нежели быков. При этом лидирующее положение также занимает аллель I_2 , который в 2018 г. имеет максимальную частоту (32,1%). В 2017 г. незначительно преобладает аллель $G_2Y_2E'_1Q'$ – 22%. Несмотря на большее количество аллелей от матерей, 13 аллелей имеют низкую частоту встречаемости, в пределах 0,9-3,7%. Аллели B_1I_1 , $B_1O_3Y_2A'_2E'_3G'P'_2Q'G''$ и $B_1G_2KO_4E'_1F'_2G'O'G''$ можно назвать редкими аллелями со стороны матери. Кроме того, аллели B_1I_1 и $B_1G_2KO_4E'_1F'_2G'O'G''$ встречаются только у коров определённых лет рождения.

В табл. 3 представлены данные по динамике аллелофонда со стороны отцов в АПК Белореченский. Аллелофонд со стороны отца в популяции АПК «Белореченский» представлен 19 аллелями. В 2013 и 2014 г. наиболее распространенным аллелем со стороны отца у коров был аллель I_2 . Его частота встречаемости составила 40 и 48 %, соответственно. У коров 2015-2018 г.р. лидирующее положение занимает аллель $G_2Y_2E'_1Q'$ (25,0-43,8 %). При этом, частота встречаемости аллеля I_2 снижается с 2013 по 2018 гг. У коров 2015 и 2018 г.р. отмечается высокая концентрация аллеля Q' в аллелофонде. Это связано с активным использованием в стаде быков Дансер 88577 (2015 г.) и Бентли 924557855 (2018 г.).

Таблица 3. Частоты встречаемости аллелей у быков в АПК Белореченский, % (n=581)

Аллель	Год рождения, - n					
	2013 -112	2014 -82	2015 -48	2016 -190	2017 -73	2018 -76
G ₂ Y ₂ E' ₁ Q'	19,6	20,7	43,8	28,4	37,0	25,0
I ₂	40,2	47,6	2,1	22,1	19,2	14,5
Y ₂ A' ₁	-	1,2	8,1	7,4	6,8	9,2
D'E' ₃ F' ₂ G'O'	2,7	-	2,1	2,1	8,2	3,9
Q'	4,5	3,7	31,3	7,8	6,8	12,0
E' ₃ F' ₂ G'O'G''	-	6,1	-	1,6	-	1,3
O ₁ D'G'Q'	-	-	-	1,1	1,4	-
G''	-	-	-	-	-	2,6
E' ₁	-	12,2	2,1	-	2,7	7,9
B ₂ O ₁	-	-	-	-	-	1,3
Y ₁ G'G''	-	-	-	-	-	10,5
B ₁ G ₂ KA' ₁	-	-	-	3,2	-	-
B ₁ I ₁	-	-	4,2	4,2	-	-
E' ₃ G'G''	0,9	-	-	-	1,4	5,3
B ₂ O ₁ B'	18,7	7,3	-	8,4	1,4	-
O ₂ A' ₂ J' ₁ K'O'	-	-	6,3	1,6	1,4	2,6
O ₁ A' ₁	8,9	1,2	-	-	-	-
B ₁ G ₂ KO ₄ Y ₂ A' ₂ O'	-	-	-	2,6	-	-
O ₁ Y ₁ G'G''	4,5	-	-	9,5	13,7	3,9

Коровы 2013 г.р. часто имеют в фенотипе аллель B₂O₁B'. Данный аллель унаследован животными от быка Феннека 4241542328. У коров 2014 г.р. в фенотипе наблюдается высокая частота встречаемости аллеля E'₁. Это связано с активным использованием в стаде в 2014 году быка Флирт 5940304525. У коров 2018 г.р. аллель Y₁G'G' присутствует только у коров данного г.р. Редким аллелем со стороны отца в популяции АПК «Белореченский» является B₁G₂KO₄Y₂A'₂O'. Его частота встречаемости составляет 2,6% и он присутствует только у коров 2016 г.р. Также в аллелофонде популяции коров АПК «Белореченский» присутствует 6 неинформативных аллелей.

Таблица 4. Частоты встречаемости аллелей у коров в АПК Белореченский, % (n=581)

Аллели	Год рождения - n					
	2013 -112	2014 -82	2015 -48	2016 -190	2017 -73	2018 -76
G ₂ Y ₂ E' ₁ Q'	15,2	22,0	18,8	24,7	21,9	18,4
I ₂	21,4	12,2	16,7	18,9	28,8	21,1
Y ₂ A' ₁	1,8	1,2	2,1	2,6	4,1	5,3
D'E' ₃ F' ₂ G'O'	8,0	12,2	8,3	8,4	4,1	5,3
Q'	4,5	4,9	8,3	5,3	5,6	2,6
E' ₃ F' ₂ G'O'G''	1,8	1,2	4,2	2,1	1,4	3,9
O ₁ D'G'Q'	0,9	-	2,1	1,1	-	-
E' ₃ G'Q'	-	1,2	-	2,1	1,4	2,6
G''	5,4	6,1	4,2	2,6	2,7	2,6
E' ₁	2,7	3,7	4,2	4,2	4,1	6,6
B ₁ G ₂ KO ₄ E' ₁ F' ₂ G'O'G''	1,8	-	-	-	1,4	-
B ₂ O ₁ Y ₂ D'	3,6	2,4	2,1	1,1	1,4	3,9
B ₁ G ₂ KA' ₁	0,9	2,4	2,1	0,5	-	-
B ₁ I ₁	2,7	4,9	2,1	1,6	1,4	6,6
E' ₃ G'G''	-	1,2	-	-	2,7	-
B ₂ O ₁ B'	11,4	15,9	14,3	11,1	6,8	8,0
O ₂ A' ₂ J' ₁ K'O'	2,7	1,2	6,3	2,6	2,7	2,6
O ₁ A' ₁	5,4	6,1	2,1	7,4	6,8	5,3
B ₁ G ₂ KO ₄ Y ₂ A' ₂ O'	1,8	-	-	-	-	1,3
O ₁ Y ₁ G'G''	8,0	1,2	2,1	3,7	2,7	3,9

В табл. 4 представлены данные по динамике аллелофонда со стороны матери в АПК Белореченский. Аллелофонд со стороны матерей представлен 20 аллелями. Наиболее распространёнными аллелями являются $G_2Y_2E_1Q'$ и I_2 . Их частота встречаемости превышает 15% и достигает в отдельных случаях 29%. Высокое распространение получили аллели $D'E_3F_2G'O'$ в 2014 г. (12%) и B_2O_1B' , частота встречаемости которого превышает 10% с 2013 по 2016 гг. и снижается в 2017-18 гг. В популяции присутствует 8 неинформативных аллелей: $E_3F_2G'O'G''$, $O_1D'G'Q'$, $E_3G'Q'$, $B_1G_2KO_4E_1F_2G'O'G''$, $E_3G'G''$, $B_2O_1Y_2D'$, $B_1G_2KA'_1$ и $B_1G_2KO_4Y_2A'_2O'$. Их частота встречаемости варьирует от 0,5 до 3,9 %. Кроме того, аллель $B_2O_1Y_2D'$ встречается только со стороны матерей.

В табл. 5 представлены данные по аллелофонду со стороны отцов в СПК «Глинский».

Таблица 5. Частоты встречаемости аллелей у быков в СПК Глинский, % (n=624)

Аллели	Год рождения, - n					
	2013 - 112	2014 -148	2015 -115	2016 -49	2017 -67	2018 -133
$G_2Y_2E_1Q'$	14,3	14,2	35,7	8,2	26,9	19,5
I_2	5,4	15,5	6,1	10,1	9,0	19,5
$E_3F_2G'O'G''$	-	-	-	-	-	9,0
$E_3G'Q'$	-	-	-	6,1	-	-
E'_1	-	-	-	18,4	-	-
G''	8,0	6,1	16,5	-	-	3,8
$O_1A'_1$	-	-	-	-	6,0	2,3
B_2O_1B'	-	0,7	-	4,1	4,5	8,3
B_2O_1	-	-	9,5	6,1	-	4,4
$B_1G_2KA'_1$	0,9	1,4	13,0	-	20,7	1,5
$B_1G_2KO_4Y_2A'_2O'$	-	-	-	-	-	0,8
$B_1G_2KO_4E_1F_2G'O'G''$	-	-	-	-	1,5	0,8
$D'E_3F_2G'O'$	16,1	13,3	17,4	8,2	28,4	6,8
G_1I_1	22,3	6,8	-	-	-	-
$O_1D'G'Q'$	-	-	-	-	1,5	-
$O_1Y_1G'G''$	12,5	4,1	-	-	-	7,5
$O_2A'_2J'_1K'O'$	-	16,9	0,9	-	-	-
$O_3J'_2K'O'$	-	-	-	38,8	-	-
Q'	-	6,8	0,9	-	1,5	4,5
$Y_1G'G''$	20,5	14,2	-	-	-	3,8
$Y_2A'_1$	-	-	-	-	-	7,5

Аллелофонд со стороны отцов в СПК «Глинский» представлен 21 аллелем. При исследовании динамики аллелофонда со стороны отца наблюдается изменение наиболее распространенных аллелей. У коров 2013 г.р., наиболее распространен аллель $D'E_3F_2G'O'$ (16%), 2014 г.р. – $O_2A'_2J'_1K'O'$ (16,9%), 2015 г.р. – $G_2Y_2E_1Q'$ (36%), 2016 г.р. – $O_3J'_2K'O'$ (39%), 2017 г.р. – $D'E_3F_2G'O'$ (28%) и 2018 г.р. – $G_2Y_2E_1Q'$ (19%). Распространение аллеля $D'E_3F_2G'O'$ в 2013 г. обусловлено значительным использованием в стаде быка Лизборн 105752928, а в 2017 г. – быка Элдо 66626652. Распространение аллеля $O_2A'_2J'_1K'O'$ в 2014 г. связано с осеменением коров-матерей быком Гавано 70750523. Следует отметить, что аллели E'_1 и $O_3J'_2K'O'$ встречаются только в 2016 г., но их частота встречаемости высокая – 18 и 39% соответственно. Аллели $B_1G_2KO_4Y_2A'_2O'$, $B_1G_2KO_4E_1F_2G'O'G''$ и $O_1D'G'Q'$ являются редкими и присутствуют только у коров определенных лет рождения. Их частота встречаемости не превышает 1,5 %.

В табл. 6 представлены данные по аллелофонду со стороны матерей в СПК Глинский. Аллелофонд со стороны матерей в СПК «Глинский» представлен 22 аллелями. В аллелофонде со стороны матерей у коров 2013-2015 и 2017-2018 г.р. преобладает аллель $G_2Y_2E_1Q'$ (18-23%), у коров 2016 года рождения – I_2 (18%). У животных выявлено повышение частоты аллелей $O_1A'_1$ в 2017 г. (30%), $B_1G_2KO_4Y_2A'_2O'$ в 2013 г. (15%) и Q' в 2016 г. (10%). Неинформативными аллелями со стороны матери можно назвать B_2O_1 , $Y_1A'_1B'Y'$, E'_1 , $O_1E'_3G'$, $O_2A'_2J'_1K'O'$, $B_1G_2KO_4E_1F_2G'O'G''$, G_1I_1 и $Y_1G'G''$. Кроме того, аллель $Y_1A'_1B'Y'$ встречается только у животных популяции СПК «Глинский».

Таблица 6. Частоты встречаемости аллелей у коров в СПК Глинский, % (n=624)

Аллели	Год рождения					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	-112	-148	-115	-49	-67	-133
G ₂ Y ₂ E ₁ Q'	23,2	19,6	18,3	16,3	17,9	21,1
I ₂	17,0	12,8	15,7	18,4	17,9	18,0
E' ₃ F' ₂ G'O'G''	5,2	1,4	0,9	4,1	-	-
E' ₃ G'Q'	1,8	5,4	1,7	2,0	-	6,0
E' ₁	0,9	0,7	0,9	-	4,5	1,5
G''	3,6	7,4	7,8	8,2	6,0	3,0
O ₁ A' ₁	1,8	6,1	1,7	4,1	29,9	4,5
B ₂ O ₁ B'	-	-	-	-	4,5	5,3
B ₂ O ₁	0,9	-	0,9	-	-	2,3
B ₁ G ₂ KA' ₁	-	0,7	1,7	-	1,5	6,0
B ₁ G ₂ KO ₄ Y ₂ A' ₂ O'	15,0	9,5	9,4	6,1	7,3	6,0
B ₁ G ₂ KO ₄ E' ₁ F' ₂ G'O'G''	4,5	4,1	1,7	4,1	1,5	0,8
D'E' ₃ F' ₂ G'O'	4,5	7,4	9,6	6,1	-	5,0
G ₁ I ₁	1,8	1,4	4,3	2,0	-	0,8
Y ₁ A' ₁ B'Y'	-	1,4	0,9	-	1,5	0,8
O ₁ Y ₁ G'G''	2,7	4,7	6,1	4,1	-	1,5
O ₂ A' ₂ J' ₁ K'O'	2,7	1,4	0,9	-	-	1,5
O ₃ J' ₂ K'O'	2,7	9,2	-	-	6,0	5,3
Q'	5,4	-	7,0	10,2	1,5	5,3
Y ₁ G'G''	-	0,7	3,5	4,1	-	1,5
Y ₂ A' ₁	6,3	6,1	7,0	8,2	-	3,8
O ₁ E' ₃ G'	-	-	-	2,0	-	-

Таблица 7. Частоты встречаемости аллелей в агрофирме Патруши, % (n=607)

Аллели	Год рождения - n					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	- 107	-119	-115	-103	-107	-56
G ₂ Y ₂ E ₁ Q'	21,9	20,6	31,7	22,9	20,5	26,8
I ₂	27,5	24,8	19,1	16,0	15,9	16,1
Y ₂ A' ₁	4,2	5,0	9,8	7,7	10,3	13,3
D'E' ₃ F' ₂ G'O'	2,3	10,5	0,4	7,7	5,9	0,9
Q'	2,8	3,3	5,5	6,3	8,4	3,6
E' ₃ F' ₂ G'O'G''	14,9	2,9	4,8	2,4	3,7	-
O ₁ D'G'Q'	2,8	2,1	3,9	1,9	0,9	0,9
E' ₃ G'Q'	2,3	3,8	3,0	2,4	1,8	0,9
B ₂ O ₁ B'	6,5	5,0	11,7	15,3	10,3	6,2
B ₁ G ₂ KO ₄ Y ₂ A' ₂ O'	1,4	8,8	0,8	0,5	0,4	6,2
G''	5,4	2,9	2,6	1,9	1,8	0,9
Y ₁ G'G''	0,9	-	1,7	1,0	4,2	2,7
B ₂ O ₁	0,4	1,2	-	5,8	5,3	3,6
B ₁ I ₁	-	0,8	-	4,3	0,9	-
O ₃ J' ₂ K'O'	1,4	2,1	2,6	0,5	1,4	-
E' ₁	0,4	2,1	0,4	1,9	3,3	0,9
G ₁ I ₁	-	1,7	0,4	0,5	2,8	-
O ₁ Y ₁ E' ₃ G'G''	1,8	-	-	-	-	-
E' ₃ G'G''	-	-	-	-	-	14,3
O ₁ Y ₁ G'G''	1,4	1,2	0,8	0,5	0,9	0,9
B ₁ O ₃ Y ₂ A' ₂ E' ₃ G'P' ₂ Q'G''	-	0,8	0,4	0,5	0,9	0,9
O ₁ A' ₁	0,4	-	-	-	-	-
B ₁ G ₂ KO ₄ E' ₁ F' ₂ G'O'G''	0,9	-	0,4	-	-	-
B ₁ G ₂ KA' ₁	0,4	0,4	-	-	0,4	0,9

В табл. 7 представлены данные по аллелофонду крупного рогатого скота популяции агрофирмы Патруши с 2013 по 2018 гг. Аллели $G_2Y_2E'_1Q'$ и I_2 занимают лидирующее положение в течение всех изученных лет. Данные аллели не имеют распространения в костромской и айширской породах крупного рогатого скота (Подречнева и др., 2016; Кондратюк, 2019).

Наиболее высокая частота встречаемости аллеля $G_2Y_2E'_1Q'$ у коров 2015 г.р. и составляет 31,7 %. Частота встречаемости аллеля I_2 снижается с 2013 по 2018 г. с 27,5 по 16,1 соответственно. Также можно отметить накопление аллелей B_2O_1B' в 2015 и 2016 годах и аллеля $E'_3F'_2G'O'G''$ в 2013 г. Их частота встречаемости превышает 10%. Неинформативными аллелями данной популяции являются $O_1D'G'Q'$, $E'_3G'Q'$, $Y_1G'G''$, B_1I_1 , $O_3J'_2K'O'$, G_1I_1 , $O_1Y_1E'_3G'G''$, $E'_3G'G''$, $O_1Y_1G'G''$, $B_1O_3Y_2A'_2E'_3G'P'_2Q'G''$, $O_1A'_1$, $B_1G_2KO_4E'_1F'_2G'O'G''$, $B_1G_2KA'_1$. Данные аллели крайне редко встречаются в фенотипах современных быков-производителей.

В таблице 8 представлены данные по аллелофонду крупного рогатого скота в популяции АПК Белореченский. В аллелофонде популяции АПК «Белореченский» также наиболее распространены аллели $G_2Y_2E'_1Q'$ и I_2 . Аналогичные данные получены для дальневосточного крупного рогатого скота (Шукюрова, 2017). Частота встречаемости аллеля $G_2Y_2E'_1Q'$ возрастает с течением времени, а частота аллеля I_2 уменьшается. Максимального значения достигает встречаемость аллеля $G_2Y_2E'_1Q'$ в 2015 г. – 31%. Также следует отметить высокую частоту встречаемости аллелей Q' в 2015 г. и B_2O_1B' в 2013 и 2014 г. – 20, 15 и 12% соответственно. Также в аллелофонде популяции встречаются 11 неинформативных аллелей.

В табл. 9 представлены данные по аллелофонду крупного рогатого скота в популяции СПК Глинский.

Таблица 8. Частоты встречаемости аллелей в АПК Белореченский, % (n=581)

Аллели	Год рождения					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	-112	- 82	- 48	- 190	-73	- 76
$G_2Y_2E'_1Q'$	17,4	21,3	31,2	26,6	29,4	21,7
I_2	30,8	29,9	9,3	20,5	23,9	17,7
$Y_2A'_1$	0,9	1,2	5,2	5,0	5,5	7,2
$D'E'_3F'_2G'O'$	5,3	6,1	5,2	5,5	6,2	4,6
Q'	4,4	4,2	20,0	6,6	6,2	7,2
$E'_3F'_2G'O'G''$	0,9	3,6	2,1	1,8	0,7	2,6
$O_1D'G'Q'$	0,4	-	1,0	1,0	0,7	-
$E'_3G'Q'$	-	0,6	-	1,0	0,7	1,3
G''	2,7	3,0	2,1	1,3	1,3	2,6
E'_1	1,3	7,9	3,1	2,1	3,4	7,2
B_2O_1	-	-	-	-	-	0,6
$Y_1G'G''$	-	-	-	-	-	5,8
$B_1G_2KA'_1$	0,4	1,2	1,0	1,8	-	-
B_1I_1	1,3	2,4	3,1	2,9	0,7	3,3
$E'_3G'G''$	0,4	0,6	-	-	2,0	2,6
B_2O_1B'	15,5	12,0	7,5	9,7	4,1	3,9
$O_2A'_2J'_1K'O'$	1,4	0,6	6,2	2,1	2,0	2,6
$O_1A'_1$	7,1	3,6	1,0	3,7	3,4	2,6
$B_1G_2KO_4Y_2A'_2O'$	0,9	-	-	1,3	-	0,6
$O_1Y_1G'G''$	6,2	0,6	1,0	6,6	8,4	3,9
$B_2O_1Y_2D'$	1,8	1,2	1,0	0,5	0,7	2,0
$B_1G_2KO_4E'_1F'_2G'O'G''$	0,9	-	-	-	0,7	-

Таблица 9. Частоты встречаемости аллелей в СПК Глинский, %
(n=624)

Аллели	Год рождения - n					
	2013 - 112	2014 - 148	2015 - 115	2016 - 49	2017 - 67	2018 -133
G ₂ Y ₂ E ₁ Q'	18,7	16,9	26,9	12,2	22,4	20,3
I ₂	11,1	14,2	10,8	14,3	13,4	18,8
E' ₃ F' ₂ G'O'G''	2,7	0,7	0,4	2,0	-	4,5
E' ₃ G'Q'	0,9	2,7	0,8	4,1	-	3,0
E' ₁	0,4	0,3	0,4	3,0	2,2	0,7
G''	5,8	6,7	12,2	4,1	3,0	3,4
O ₁ A' ₁	0,9	3,0	0,8	2,0	17,9	3,4
B ₂ O ₁ B'	-	0,3	-	2,0	4,5	6,7
B ₂ O ₁	0,4	-	5,2	3,0	-	3,4
B ₁ G ₂ KA' ₁	0,4	1,0	7,4	-	11,2	3,7
B ₁ G ₂ KO ₄ Y ₂ A' ₂ O'	7,6	4,7	4,8	3,0	3,7	3,4
B ₁ G ₂ KO ₄ E' ₁ F' ₂ G'O'G''	2,2	2,0	0,8	2,0	1,5	0,7
D'E' ₃ F' ₂ G'O'	10,2	10,5	13,5	7,1	14,2	6,0
G ₁ I ₁	12,0	4,0	2,2	1,0	-	0,4
O ₁ D'G'Q'	-	-	-	-	0,7	-
O ₁ Y ₁ G'G''	7,6	3,4	3,0	2,0	-	4,5
O ₂ A' ₂ J' ₁ K'O'	1,3	9,1	0,8	-	-	0,7
O ₃ J' ₂ K'O'	1,3	4,7	-	19,4	3,0	2,6
Q'	2,7	3,4	3,9	5,1	1,5	4,9
Y ₁ G'G''	10,2	7,4	1,7	2,0	-	2,6
Y ₂ A' ₁	3,1	3,0	3,5	4,1	-	5,6
Y ₁ A' ₁ B'Y'	-	0,7	0,4	-	0,7	0,4
O ₁ E' ₃ G'	-	-	-	1,0	-	-

В популяции СПК «Глинский» распространенными аллелями являются G₂Y₂E₁Q' I₂ и D'E'₃F'₂G'O'. Также высокую частоту встречаемости показали аллели G'' в 2015 году (12%), O₁A'₁ в 2017 году (18%), G₁I₁ в 2013 году (12%), O₃J'₂K'O' в 2016 году (19%). Выявлено 7 неинформативных аллелей: E'₃F'₂G'O'G'', E'₃G'Q', E'₁, B₁G₂KO₄E'₁F'₂G'O'G'', Y₁A'₁B'Y', O₁D'G'Q' и O₁E'₃G'.

Заключение

Аллелофонд групп крови по отцовской линии представлен 19-21 аллелем. Аллелофонд по материнской линии варьирует от 20 до 22 аллелей. Количество аллелей со стороны матерей больше в связи с тем, что в стадах используется большее количество коров, чем быков. У коров с 2013 по 2018 г.р. самыми распространенными аллелями являются G₂Y₂E₁Q' и I₂, а в популяции СПК Глинский добавляется аллель D'E'₃F'₂G'O'. Частота встречаемости аллеля G₂Y₂E₁Q' изменяется от 8,2 до 45,2% со стороны отцов, в интервале 15,2-24,7% по материнской стороне и 12,2-31,7% по аллелофонду в целом. Частота встречаемости аллеля I₂ достигает 47,6% по отцовской стороне, 32,1% по материнской стороне и 30,8% по аллелофонду в целом. Аллели G₂Y₂E₁Q' и I₂ являются информативными аллелями и могут считаться маркерами черно-пестрой голштинизированной породы. Частота встречаемости неинформативных аллелей, в среднем, со стороны отца – 4,3, со стороны матери – 9,6, в целом – 10,3. Неинформативными аллелями можно признать E'₃G'Q', O₁D'G'Q'.

Исследования проведены в порядке выполнения государственного задания по теме: «Изучить селекционно-генетические характеристики крупного рогатого скота Уральского региона с использованием биотехнологических методов в целях создания новых селекционных форм животных, обладающих высоким генетическим потенциалом молочной продуктивности, качества молока и продолжительности хозяйственного использования».

Список литературы

1. Алиева Е.М. Антигены ЕАВ-локуса групп крови и молочная продуктивность первотелок. // Проблемы развития АПК региона. 2017. Т. 30. № 2. С. 59-63.
2. Букаров Н.Г., Князева Т.А., Новиков А.А., Хрунова А.И., Марзанов Н.С. Мониторинг генетической структуры красно-пестрой и красной пород в племенных стадах. // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 5. С. 8-12.
3. Валитов Ф.Р., Долматова И.Ю., Юмагузин И.Ф. Генетическая структура пород крупного рогатого скота республики Башкортостан по антигенным эритроцитарным факторам. // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2019. № 4. С. 74-79.
4. Глазкова Н.Ю. Иммуногенетический полиморфизм у коров черно-пестрой породы ФГУП «Стрелецкое» Орловской области. // Биология в сельском хозяйстве. 2019. № 3. С. 14-16.
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. С. 10-13.
6. Кондратьев Е.А. Оценка продолжительности жизни молочных коров с использованием эритроцитарных антигенов В-системы групп крови. // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 5. С. 69-72.
7. Немцева Е.Ю., Лаврентьев А.Ю. Использование иммуногенетического анализа в целях повышения молочной продуктивности коров. // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 4. С. 97-101.
8. Подречнева И.Ю., Баранов А.В., Баранова Н.С. Использование иммуногенетических маркеров групп крови для характеристики и оптимизации системы подбора в новых заводских семействах костромской породы. // Региональные проблемы преобразования экономики. 2016. № 7. С. 20-26.
9. Сердюк Г.Н. Группы крови и их значение в организме млекопитающих. // Генетика и разведение животных. 2018. № 2. С. 94-100.
10. Ткаченко И.В., Гридин В.Ф., Гридина С.Л. Полиморфные системы групп крови и продуктивность крупного рогатого скота уральского типа. // Российская сельскохозяйственная наука. 2015. № 4. С. 53-55.
11. Шендаков А.И., Глазкова Н.Ю. Аллели групп крови с высокой и низкой концентрацией у коров черно-пестрой породы в Орловской области. // Вестник аграрной науки. 2019. № 3. С. 57-62.
12. Шукшурова Е.Б. Генетическая структура стад черно-пестрого крупного рогатого скота, разводимого в Хабаровском крае по группам крови. // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 2. С. 111-119.
13. Grobler R., Van Marle-Köster E., Visser C. Challenges in selection and breeding of polled and scur phenotypes in beef cattle. // Livest. Sci. 2021. Vol. 247. P. 104479. <<http://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104479>>
14. Hunter RHF. New breeding opportunities with deep cornual insemination: exploiting modern sperm technologies in cattle. // Reproduction in Domestic Animals. 2001. Vol. 36. nr 3-4. P. 217-222.
15. Radko V., Varchenko O., Svydnous I., Herasymenko I., Ivanova L. Strategies for promoting sustainable development of dairy cattle breeding in agricultural enterprises of Ukraine. // Intern. J. Manag. Busin. Res. 2019. Vol. 9. nr 1. P. 73-90.

References (for publications in Russian)

1. Alieva E.M. [Antigens of the EAV locus of blood groups and milk productivity of the first heifers]. *Problemy razvitiya APK regiona - Problems of the development of the region's agroindustrial complex*. 2017. 30(2): 59-63.
2. Bukarov N.G., Knyazeva T.A., Novikov A.A., Khrunova A.I., Marzanov N.S. [Monitoring of the genetic structure of red-mottled and red breeds in breeding herds]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo - Dairy and meat cattle breeding*. 2016. 5: 8-12.
3. Dmitrieva V.I., Koltsov D.N., Gontov M.E. [Alleles of the EAV locus of blood groups in cattle breeding by productivity]. *Agrarnyi vestnik Yugo-Vostoka - Agrarian Bulletin of the South-East*. 2018. 1: 10-13.
4. Glazkova N.Yu. [Immunogenetic polymorphism in Black-and-White cows of the FSUE "Streletskoe" of the Orel region]. *Biologiya v sel'skom khozyaistve - Biology in agriculture*. 2019. 3: 14-16.
5. Kondratyuk E.A. [Evaluation of the life expectancy of dairy cows using erythrocyte antigens of the B-system of blood groups]. *Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauk - Bulletin of the Russian Agricultural Science*. 2019. 5: 69-72.
6. Nemtseva E.Yu., Lavrentiev A.Yu. [The use of immunogenetic analysis in order to increase dairy productivity of cows]. *Vestnik Chuvashskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii - Bulletin of the Chuvash State Agricultural Academy*. 2019. 4: 97-101.
7. Podrechenneva I.Yu., Baranov A.V., Baranova N.S. [The use of immunogenetic markers of blood groups to

- characterize and optimize the selection system in new factory families of the Kostroma breed]. *Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki - Regional problems of economic transformation*. 2016. 7: 20-26.
8. Serdyuk G.N. [Blood groups and their significance in the mammalian organism]. *Genetika i razvedenie zhivotnykh - Genetics and animal breeding*. 2018. 2: 94-100.
 9. Shendakov A.I., Glazkova N.Yu. [Alleles of blood groups with high and low concentrations in Black-and-White cows in the Orel region]. *Vestnik agrarnoi nauki - Bulletin of Agrarian Science*. 2019. 3: 57-62.
 10. Shukuyurova E.B. [Genetic structure of herds of Black-and-White cattle bred in the Khabarovsk territory by blood groups]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik - Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2017. 2: 111-119.
 11. Tkachenko I.V., Gridin V.F., Gridina S.L. [Polymorphic systems of blood groups and productivity of cattle of the Ural type]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka - Russian Agricultural Science*. 2015. 4: 53-55.
 12. Valitov F.R., Dolmatova I.Yu., Yumaguzin I.F. [Genetic structure of cattle breeds of the Republic of Bashkortostan by antigenic erythrocyte factors]. *Vestnik Bashkirskego gosudarstvennogo agrarnogo universiteta - Bulletin of the Bashkir State Agrarian University*. 2019. 4: 74-79.

UDC 575.174.015.3:636.237.21:575.162

Monitoring of the allelofund of blood groups of Holstein Black-and-White dairy cows

Shatalina O.S., Yaryshkin A.A.

*Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation*

ABSTRACT. Based on the monitoring of the allele pool of blood groups in modern breeds of highly productive dairy cattle, it is possible to select breeding material with subsequent consolidation of successful combinations on a large number of descendants. The aim of the work was to study the features of the allele pool in cows of the Holsteinized Black-and-White breed of cattle and its changes in the period of 2013-2018 at three breeding enterprises of the Sverdlovsk oblast. Determination of the allele pool of the EAB system of blood groups was carried out using hemolytic tests; the animals were certified by blood groups and origin (n=1812). The frequency of occurrence of each allele inherited from the paternal, maternal and allele pool as a whole was calculated. It was revealed that the G2Y2E'1Q' and I2 alleles are markers of the Holsteinized Black-and-White breed. These alleles have the highest frequency of occurrence on the part of both the father and the mother; the frequency of occurrence exceeded 10% and in some cases reached 45%. The number of alleles from the father's side was 19-21 per population of the breeding enterprise, and from the mother's side – 20-22. The spectrum of non-informative alleles varies from 3 to 13 alleles per population.

Key words: cattle, Black-and-White breed, immunogenetics, blood groups alleles, frequency of occurrence

Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology. 2022. 1: 44-53

Поступило в редакцию: 10.11.2021 Получено после доработки: 20.12.2021

Сведения об авторах:

Шаталина Ольга Сергеевна, к.б.н., с.н.с. shatalinao@list.ru;

Ярышкин Андрей Александрович, н.с. x2580x@yandex.ru;

Лешонок Оксана Ивановна, к.с.н., в.н.с. smuuralniishoz@mail.ru