

УДК 575.174.015.3

DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2025.2.48-53

**ИММУНОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ В ПОПУЛЯЦИИ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Шаталина О.С., Ярышкин А.А.

*Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр
Уральского отделения РАН, Екатеринбург, Российская Федерация*

Группы крови сельскохозяйственных животных, в частности, крупного рогатого скота являются частью генетического паспорта животных. Определение антигенов и аллелей групп крови используется для оценки достоверности происхождения племенных животных, исследования инбридинга, определения маркеров пород и хозяйственно-полезных признаков. Цель исследования – изучение аллелофонда групп крови у быков-производителей крупного рогатого скота голштинской породы, используемых в трёх племенных организациях в стадах Свердловской области ($n = 227$). Аллелофонд быков-производителей в исследованных стадах представлен 22 аллелями. Наибольшая частота встречаемости выявлена для аллелей $G_2Y_2E_1Q'$ (более 20%), около 10 аллелей не информативны (частота встречаемости не превышают 4%). Полученные данные могут быть использованы для выявления внутрипопуляционной изменчивости, степени генетической дивергенции между группами животных и оптимизации селекционных программ.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, голштинская порода, быки-производители, группы крови, аллелофонд, частота встречаемости аллелей, информативность.

Проблемы биологии продуктивных животных. 2025. 2: 48-53.

Введение

Изучение антигенных характеристик крови крупного рогатого скота представляет собой важный инструмент современной животноводческой науки. Данное направление исследований позволяет решать комплекс задач: верификацию генетического происхождения особей, анализ генотипического разнообразия популяций, оценку племенной ценности животных, а также выявление корреляции между серологическими маркерами и продуктивными показателями. Применение генетических маркеров крови открывает перспективы для селекционного улучшения стада, что подтверждается работами (Веровочкин, Едренин, 1988; Буваева, 2012; Никитин и др., 2007; Попов, Ескин, 2000; Мартынова и др., 2024). Особую значимость эти исследования приобретают в контексте эволюционной генетики. Анализ полиморфизма кровяных антигенов способствует реконструкции филогенетических взаимосвязей, моделированию процессов породообразования и прогнозированию эффекта гетерозиса (Мусаева, Алиева, 2022; Иванова, Юрченко, 2022).

Современные иммуногенетические методы дают возможность количественно оценивать уровень внутрипопуляционной изменчивости, устанавливать степень генетической дивергенции между группами животных и оптимизировать селекционные программы. Интродукция генома голштинской породы актуализировала исследования взаимосвязи серологических профилей с хозяйственно-ценными признаками, что отражено в трудах (Герасимова, 2014; Игнатьева, Лаврентьев, 2017; Шаталина и др., 2023; Шукюрова, 2024; Duniec et al., 1996).

Материал и методы

Исследования проведены в отделе животноводства и генетических исследований Уральского НИИСХ – филиала УрФАНИЦ УрО РАН. Материалом для исследования были 227 образцов крови от быков-производителей голштинской породы, используемых в стадах Свердловской области.

Определение групп крови крупного рогатого скота выполнено с 48 моноспецифическими сыворотками-реагентами из 9 генетических систем (Сороковой П.Ф. Методические рекомендации по использованию групп крови в селекции крупного рогатого скота. Дубровицы, 1974). Достоверность происхождения животных оценена семейно-генетическим анализом по гемолитическим тестам родителей и потомков соответственно закономерностям иммуногенетики.

Исследования выполнены с использованием ЕАВ-системы групп крови как наиболее информативной и рекомендованной в литературе. Частота встречаемости каждого аллеля в группе рассчитана по формуле:

$$P1 = B1 / 2n,$$

где P1 – частота встречаемости данного аллеля, B1 – общее число данного аллеля в исследуемой популяции, n – число животных.

Исследования проводились в стадах трёх племенных организаций: АО АПК Белореченский (83 Б), АО Агрофирма Патруши (98 П), СПК Глинский (47 Г).

Результаты и обсуждение

В период 2020-2024 г.г. было проведено исследование аллелофонда голштинской породы, как наиболее распространённой в Свердловской области. Был изучен аллелофонд быков-производителей, используемых в стадах племенных предприятий Свердловской области. Всего определили группы крови у 227 животных. В табл. 1-3 представлены данные по составу аллелофонда и частоте встречаемости аллелей у быков-производителей.

Таблица 1. Аллелофонд быков-производителей стада 83 Б (n=83)

Аллель	Частота встречаемости, % (M±m)
G ₂ Y ₂ E ₁ Q'	26,6±0,04
I ₂	21,8±0,04
B ₂ O ₁ B'	14,4±0,04
Y ₂ A ₁	9,6±0,03
D'E ₃ F ₂ G'O'	8,4±0,03
O ₁ Y ₁ G'G''	3,6±0,02
Q'	3,6±0,02
E ₃ F ₂ G'O'G''	2,4±0,01
G ₂ O ₁ Y ₂	2,4±0,01
O ₁ D'G'Q'	2,4±0,01
B ₂ O ₁ Y ₂	1,2±0,01
B'Q'	1,2±0,01
E'3G'Q'	1,2±0,01
O ₁ A ₁	1,2±0,01

Аллелофонд быков данного стада представлен 14 аллелями. В аллелофонде быков преобладают аллели G₂Y₂E₁Q' и I₂. Частота встречаемости данных аллелей превышает 20 %. Аллели B₂O₁B', Y₂A₁ и D'E₃F₂G'O' также часто встречаются – в 8-14% случаев. Перечисленные аллели являются информативными. Остальные аллели имеют низкую встречаемость – меньше 5%. Также следует отметить, что частота аллеля I₂ в стаде 83 Б на 8,4% выше, чем в стаде 98 П (P<0,001).

Таблица 2. Аллелофонд быков-производителей стада 98 П (n=98)

Аллель	Частота встречаемости, % (M±m)
G ₂ Y ₂ E ₁ Q'	25,6±0,04
B ₂ O ₁ B'	16,4±0,04
I ₂	13,4±0,03
Y ₂ A ₁	8,1±0,03
D'E ₃ F ₂ G'O'	7,1±0,02
E ₃ F ₂ G'O'G''	4,1±0,02
O ₁ D'G'Q'	3,1±0,02
O ₃ J ₂ K'O'	3,1±0,02
Q'	3,1±0,02
G'G''	2,0±0,01
O ₁ Y ₁ G'G''	2,0±0,01
Y ₁ G'G''	2,0±0,01
B ₁ G ₂ KO ₄ Y ₂ A ₂ O'	1,0±0,01
B ₂ O ₁	1,0±0,01
B ₂ O ₁ Y ₂ D'	1,0±0,01
E ₁	1,0±0,01
E ₃ G'G''	1,0±0,01
E ₃ G''	1,0±0,01
G ₁ I ₁	1,0±0,01
G ₂ O ₁ Y ₂	1,0±0,01
G''	1,0±0,01
O ₁ A ₁	1,0±0,01

В аллелофонде быков данного стада имеются 22 аллеля групп крови. Лидирующее положение по частоте встречаемости среди аллелей групп крови быков занимает G₂Y₂E₁Q' – более 25%. Аллели B₂O₁B' и I₂ также широко распространены – более 13%.

Таблица 3. Аллелофонд быков-производителей стада 46 Г (n=46)

Аллель	Частота встречаемости, % (M±m)
G ₂ Y ₂ E ₁ Q'	21,8±0,06
I ₂	17,5±0,05
D'E ₃ F ₂ G'O'	13,1±0,05
E ₃ F ₂ G'O'G''	8,7±0,04
G ₁ I ₁	8,7±0,04
Q'	8,7±0,04
B ₂ O ₁ B'	4,3±0,03
E ₃ G'Q'	4,3±0,03
O ₁ A ₁	4,3±0,03
O ₁ Y ₁ G'G''	4,3±0,03
O ₃ J ₂ K'O'	4,3±0,03

Частота встречаемости аллелей Y₂A₁ и D'E₃F₂G'O' превышает 7%. Эти аллели являются информативными для данного стада. Остальные аллели в большей части не превышают 4% по встречаемости и не информативны.

В целом, в аллелофонде быков стада 98 П присутствуют 22 аллеля групп крови, стада 83 Б – 14 аллелей и стада 46 Г – 11 аллелей. Наивысшую частоту встречаемости у быков имеют аллели групп крови G₂Y₂E₁Q' – более 20%, I₂ – более 17 % и D'E₃F₂G'O' – более 10%. Также довольно часто встречаются аллели D'E₃F₂G'O', E₃F₂G'O'G'', G₁I₁ и Q' – выше 8%

встречаемости), около 10% не информативны (частота встречаемости по большей части не превышают 4%).

Заключение

Самыми распространёнными аллелями групп крови в исследованной популяции быков-производителей голштинской породы являются аллели $G_2Y_2E_1Q'$ и I_2 . Лидирующее положение по частоте встречаемости среди аллелей групп крови занимает $G_2Y_2E_1Q'$ – более 20 % и I_2 – более 13 %. Данные аллели являются информативными для крупного рогатого скота голштинской породы, используемого в племенных организациях Свердловской области. Полученные данные могут быть использованы для выявления внутривидовой изменчивости, степени генетической дивергенции между группами животных и оптимизации селекционных программ.

Финансирование работы.

Исследование проведено по государственному заданию 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».

Благодарности. Авторы выражают благодарность сотрудникам отдела животноводства и генетических исследований Уральского НИИСХ – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН за помощь в проведении исследований.

Список литературы

1. Буваева Н.В. Использование групп крови в селекции крупного рогатого скота калмыцкой породы: автореф. дисс.... к.б.н. Ставрополь, 2012. 22 с.
2. Веревошкин П.С., Едренин Н.Н. Иммуногенетика в селекции крупного рогатого скота. Куйбышев, Куйбышевское книжное изд-во. 1988. 85 с.
3. Герасимова Л.А. Иммуногенетические показатели базового генофонда скота популяции ОАО «Племзавод «Бородинский». // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2014. № 3. С. 160-164.
4. Иванова И.П., Юрченко Е.Н. Проведение иммуногенетического тестирования в селекции молочного скота симментальской породы. // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2022. № 2. С. 93-99.
5. Игнатъева Н., Лаврентьев А. Использование групп крови как генетического маркера в молочном скотоводстве. // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2017. № 4. С. 19-25.
6. Мартынова Е.Н., Любимов А.И., Кислякова Е.М., Исупова Ю.В., Якимова В.Ю. Связь иммуногенетических показателей с молочной продуктивностью коров // Аграрный научный журнал. 2024. № 6. С. 75-81.
7. Мусаева И.В., Алиева Е.М. Иммуногенетический полиморфизм крови крупного рогатого скота АО «Кизлярагрокомплекс». // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2022. № 3. С. 94-102.
8. Никитин С.В., Князев С.П., Гончаренко Г.М., Бекенев В.А. Сцепленные с полом эритроцитарные антигены домашней свиньи. // Генетика. 2007. № 4. С. 521-529.
9. Попов Н.А., Ескин Г.В. Аллелофонд пород крупного рогатого скота по EAB-локусу (справочный каталог). Москва, 2000. 299 с.
10. Шаталина О.С., Ярышкин А.А., Лешонок О.И. Отличительные особенности аллелофонда групп крови различных пород крупного рогатого скота. // Генетика и разведение животных. 2023. № 2. С. 85-97.

11. Шукюрова Е.Б. Влияние группы крови в селекции голштинского крупного рогатого скота на продуктивность // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2024. № 10. С. 47-53.
12. Duniec M., Koscielny M., Pilch E. A closed system within blood group locus B of cattle. // XXVth International Conference on Animal Genetics ISAG, INRA 21-25 July 1996. Centre International de Congress Vinci Tours-France. P.40.
13. Thomsen H., Reinsch N., Xu N. Mapping of the bovine blood group systems J, N', R', and Z show evidence for oligo-genetic inheritance. // Animal Genetics. 2002. Vol. 33. nr 2. P. 107-117.

References (for publications in Russian)

1. Buvaeva N.V. *Ispol'zovanie grupp krovi v selektsii krupnogo rogatogo skota kalmytskoi porody*: (Use of blood groups in the selection of cattle of the Kalmyk breed: extended abstract of diss.). Extended Abstract of Diss, Cand. Veter. Sci. Stavropol, 2012. 22 pp.
2. Gerasimova L.A. [Immunogenetic indicators of the basic gene pool of cattle of the population of the OJSC "Borodinsky Breeding Farm"). *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* (Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University). 2014. 3: 160-164.
3. Ignat'eva N., Lavrent'ev A. [Use of blood groups as a genetic marker in dairy cattle breeding]. *Veterinariya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* (Veterinary science of agricultural animals). 2017. 4: 9-25.
4. Ivanova I.P., Yurchenko E.N. [Conducting immunogenetic testing in the selection of Simmental dairy cattle]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* (Bulletin of Omsk State Agrarian University). 2022. 2: 93-99.
5. Martynova E.N., Lyubimov A.I., Kislyakova E.M., Isupova Yu.V., Yakimova V.Yu. [Relationship of immunogenetic indicators with milk productivity of cows]. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal* (Agrarian scientific journal). 2024. 6: 75-81.
6. Musaeva I.V., Alieva E.M. [Immunogenetic polymorphism of cattle blood of JSC Kizlyaragrokompleks]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* (Bulletin of the St. Petersburg State Agrarian University). 2022. 3: 94-102.
7. Nikitin S.V., Knyazev S.P., Goncharenko G.M., Bekenev V.A. [Sex-linked erythrocyte antigens of the domestic pig]. *Genetika* (Genetics). 2007. 4: 521-529.
8. Shatalina O.S., Yaryshkin A.A., Leshonok O.I. [Distinctive features of the allele pool of blood groups of different cattle breeds]. *Genetika i razvedenie zhivotnykh* (Genetics and animal breeding). 2023. 2: 85-97.
9. Shukyurova E.B. [Influence of blood group in the selection of Holstein cattle on productivity]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* (Bulletin of the Altai State Agrarian University). 2024. 10: 47-53.
Verevchkin P.S., Edrenin N.N. *Immunogenetika v selektsii krupnogo rogatogo skota* (Immunogenetics in cattle breeding). Kuibyshev, Kuibyshev Book Publishing House. 1988. 85 pp.

UDC 575.174.015.3

**Immunogenetic characteristics of Holstein bulls in the population
of Sverdlovsk region**

Shatalina O.S., Yaryshkin A.A.

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

ABSTRACT. Blood groups of farm animals, in particular, cattle, are part of the genetic passport of animals. Determination of antigens and alleles of blood groups is used to determine the reliability of the origin of breeding animals, inbreeding studies, determination of breed markers and economically useful traits. The aim is to study the allele pool of blood groups in Holstein cattle bulls used in three breeding organizations in the herds of the Sverdlovsk region ($n = 227$). The allele pool of sires in the studied herds is represented by 22 alleles. The highest frequency of occurrence was found for the alleles G2Y2E'1Q' (more than 20%), about 10 are not informative (the frequency of occurrence does not exceed 4%). The obtained data can be used to identify intrapopulation variability, the degree of genetic divergence between groups of animals and optimization of breeding programs.

Keywords: cattle, Holstein breed, sires, blood groups, allele pool, frequency of allele occurrence.

Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh (Productive Animal Biology). 2025. 2: 48-53.

Поступило в редакцию: 14.03.2025

Получено после доработки: 03.06.2025

Сведения об авторах:

Шаталина Ольга Сергеевна, к.б.н., с.н.с. тел. 8922 205 83 96; shatalinao@list.ru

Ярышкин Андрей Александрович, к.б.н., с.н.с., тел. 8992 331 99 86; x2580x@yandex.ru