

МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ДОЧЕРЕЙ БЫКОВ
С РАЗНЫМИ АЛЛЕЛЯМИ ГЕНА *BoLA-DRB3*

Г.В. РОДИОНОВ, А.С. ОРЕХОВА, А.П. ОЛЕСЮК, Л.П. ТАБАКОВА

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

*Актуальной задачей для молочного скотоводства является изучение генетической структуры популяции по полиморфным системам, что служит одним из элементов генетического мониторинга. На основе анализа новых методов оценки генотипов животных целесообразно не только увеличение молочной продуктивности, но и отдельных качественных показателей молока коров. Целью исследований явилось изучение частоты встречаемости аллелей гена *BoLA-DRB3* у быков-производителей голштинской породы. На основании проведенного анализа отмечено, что из 10 аллелей гена *BoLA-DRB3*, у которых установлена связь с показателями молочной продуктивности, наиболее высокая частота встречаемости отмечена у аллеля 22 (25,2%), а наименьшая – у аллелей 10 и 26 (2%). Анализ продуктивности дочерей быков-производителей, имеющих в генотипе чувствительные (Ч), нейтральные (Н) и устойчивые (У) аллели, показал, что более высокие показатели оценки имели быки-носители чувствительных аллелей гена *BoLA-DRB3*.*

Ключевые слова: *генотипы *BoLA-DRB3*, чувствительные аллели, генетический ресурс, качество молока.*

Введение

Использование генетических ресурсов сельскохозяйственных животных с целью увеличения продуктивности скота и улучшения качества продукции составляет основу Государственной программы развития животноводства в Российской Федерации. Одной из актуальных задач для молочного скотоводства в России является повышение не только общего количества молочного белка, но и других качественных показателей белково-молочности (соотношение фракций молочного белка и др.) на основе селекции по этим признакам и за счет привлечения новых методов оценки генотипов животных [10].

Важным элементом в генетическом мониторинге является изучение генетической структуры популяции по полиморфным системам [1, 2].

В многоаллельных локусах часть аллелей ассоциирована с повышенной адаптационной способностью животных (устойчивые – У), другие аллели нейтральны (Н) или оказывают отрицательное влияние на жизнеспособность особи (чувствительные – Ч). При этом аллели связаны не с отдельными продуктивными или воспроизводительными качествами животного, а с его способностью приспосабливаться к среде.

Одной из способностей организма сохранять свою жизнестойкость в неблагоприятных условиях является устойчивость к болезням. В процессе иммунологического распознавания антигена МНС (Major Histocompatibility Complex), кодируемые главным комплексом гистосовместимости (ГКГ), играют решающую роль во взаимодействии клеток в иммунном ответе [6].

У крупного рогатого скота МНС ген *Bola-DRB3*, локализованный в 23-й хромосоме, определяет эффективность иммунной системы животных и, располагаясь в одной хромосоме с геном пролактина и рядом других генов, влияет на молочную продуктивность [4, 6, 8]. По исследованиям А.А. Сермягина, Н.В. Ковалюк, А.Н. Ермаилова и соавторов установлена антагонистический характер ассоциированных с показателями молочной продуктивности коров некоторых аллелей *BoLA-DRB3* [9]. В то же время выявлено, что племенная ценность носителей чувствительных аллелей характеризовалась более высокими оценками по удою, а также выходом молочного жира и белка [9]. Интенсивный отбор разводимого поголовья на увеличение удоя и улучшение качественных характеристик молока ведет к тому, что ген *Bola-DRB3* утрачивает свой полиморфизм и в некоторых стадах из 100 возможных вариантов этого гена встречаются лишь 5–6.

Во многих исследованиях отмечалась связь между определенными аллелями гена *Bola-DRB3* ГКГ и восприимчивостью к лейкозу [3, 5]. Экспрессия указанного гена имеет один из самых высоких уровней интенсивности, что подчеркивает его значимость в развитии иммунного ответа организма [6]. Факторы как естественного, так и искусственного отбора оказывают влияние на частоты встречаемости аллелей локуса *BoLA-DRB3*, что делает его интересным объектом для изучения механизмов взаимодействия генотип-среда.

Полиморфизм гена *Bola-DRB3* изучался главным образом зарубежными авторами (А. Xu, V.J.T. Van Eijk, Ch. Park, 1993; S. Sharif, B.A. Mallard, 2000; S.A. Ledwidge, B.A. Mallard, 2001) [8]. На российских популяциях также были проведены исследования, посвященные распределению аллелей и генотипов по локусу *Bola-DRB3*, его влиянию на молочную продуктивность и другие селекционно-значимые признаки, использованию маркера гена *Bola-DRB3* в практической племенной работе с крупным рогатым скотом [4–8]. Это и обусловило актуальность исследований настоящей работы.

Материалы и методы исследований

Объектами генетико-популяционного анализа явились 103 быка голштинской породы и 3609 их дочерей. Данные о генотипах быков по гену *Bola-DRB3* и молочной продуктивности дочерей были использованы из каталогов ОАО «Московское по племенной работе» 2009–2012 гг. [4].

Статистическая обработка результатов производилась по стандартным методикам с использованием программных возможностей Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

Проведенные исследования по частоте встречаемости аллелей гена *BoLA-DRB3* у быков-производителей голштинской породы показали, что из 10 аллелей гена *Bola-DRB3*, у которых установлена связь с показателями молочной продуктивности, наиболее высокая частота встречаемости отмечена у аллеля 22 (25,2%), а наименьшая – у аллелей 10 и 26 (2%) (табл. 1).

Все аллели гена *Bola-DRB3* подразделяют на чувствительные (Ч), нейтральные (Н) и устойчивые (У). Аллели, определяющие предрасположенность к развитию вирусных и бактериальных инфекций, называют чувствительными [8]. Аллелей, у которых не выявлено ассоциативных связей, называют нейтральными. Аллели, которые обуславливают высокую генетическую невосприимчивость их носителей к развитию инфекций, называют устойчивыми. Нами была определена частота встречаемости этих групп аллелей (табл. 2).

Таблица 1

**Частота встречаемости аллелей гена *Bola-DRB3*
у быков-производителей голштинской породы**

№	Аллель	Статус аллеля	Количество быков-производителей, гол.	Частота встречаемости, %
1	10	Н	2	2,0
2	8	Ч	13	12,6
3	27	Н	6	5,8
4	26	Н	2	2,0
5	16	Ч	16	15,5
6	22	Ч	26	25,2
7	24	Ч	14	13,6
8	11	У	10	9,7
9	7	Н	6	5,8
10	23	У	8	7,8
Всего			103	100

Таблица 2

**Частота встречаемости аллелей гена *Bola-DRB3*
у быков-производителей голштинской породы**

№	Группы аллелей	Количество быков-производителей, гол.	Частота встречаемости, %
1	Чувствительные (Ч)	69	67,0
2	Нейтральные (Н)	16	15,5
3	Устойчивые (У)	18	17,5
Всего		103	100

Как показывает анализ, наибольшую частоту встречаемости имели чувствительные аллели.

При оценке быков по продуктивности их дочерей установлено, что производители, несущие в своем генотипе чувствительные и нейтральные аллели, имели более высокую оценку по племенной категории А₁ (удой). Категория Б₁ (жир) чаще присваивалась быкам с чувствительными аллелями, хотя в целом по категории Б различия были менее значительными. Следовательно, в случае учета этой информации при закреплении молодые быки, несущие в своем генотипе чувствительные аллели, при оценке по качеству потомства имеют более высокие шансы аттестоваться по племенной категории А и Б (табл. 3).

**Племенные категории быков-производителей
с различными группами аллелей гена *Bola-DRB3*, %**

Племенные категории	Группы аллелей		
	чувствительные (Ч)	нейтральные (Н)	устойчивые (У)
A ₁	74	73	56
A ₂	6	7	6
A ₃	11	13	13
Нет категории	9	7	25
B ₁	26	13	19
B ₂	3	0	0
B ₃	3	13	19
Нет категории	68	74	62

Вполне можно элиминировать из популяции всех носителей чувствительных аллелей (Ч), однако в результате такой браковки из стада будет удалена при этом значительная часть высокопродуктивного поголовья [4]. Отбор быков-производителей по обильномолочности их дочерей приведет к увеличению частоты встречаемости именно чувствительных аллелей.

Данные аллели взаимосвязаны с генетическими блоками, влияющими не только на удой и содержание жира в молоке, но и с другими качественными характеристиками молока – в частности, с содержанием белка.

Нами были проанализированы данные оценки быков-производителей по продуктивности их дочерей, в том числе содержание белка в молоке (табл. 4). Установлено, что дочери быков, являющихся носителями аллелей 10 (Н), 8 (Ч) и 27 (Н), имели повышенное содержание белка и жира в молоке.

Анализ оценки быков-производителей, имеющих чувствительные, нейтральные и устойчивые группы аллелей, показал распределение частоты встречаемости аллелей гена *Bola-DRB3* у дочерей быков, представленное в таблице 5.

Ранее установлено, что аллели *BoLA-DRB3* 8, 16, 22 и 24, ассоциированные с чувствительностью к персистентному лимфоцитозу, доминируют во многих популяциях голштинского скота. Было доказано, что в двух популяциях голштинских коров канадской селекции чувствительные аллели встречались с наибольшей частотой – соответственно 62,2 и 59,3% [9]. На японской популяции голштинов Ч-аллели обнаружены более чем в 50% случаев. Аналогичная тенденция наблюдалась в популяциях иранских голштинского и польского голштино-фризского скота (уровень встречаемости Ч-аллелей – 47–48%) [9].

В исследованиях, проведенных А.А. Сермягиным, Н.В. Ковалюк и др. на российских популяциях голштинов, отмечена наибольшая частота встречаемости Ч-аллелей (от 59,8 до 62,6%) по сравнению с другими региональными популяциями [6, 9]. В наших исследованиях также установлена высокая частота встречаемости чувствительных аллелей – 66,9%. При этом присутствие чувствительных аллелей

у быков-производителей было связано с повышенной обильномолочностью дочерей (8021 кг), которые превосходили по этому показателю дочерей, полученных от быков, несущих в своем генотипе устойчивые аллели *BoLA-DRB3*, на 416 кг, и дочерей быков с нейтральными аллелями – на 212 кг. Кроме того, присутствие в генотипе быков чувствительных аллелей способствовало увеличению в молоке их дочерей содержания жира (4,14%).

Таблица 4

Результаты оценки быков-производителей голштинской породы с различными аллелями гена *BoLA-DRB3* по показателям продуктивности их дочерей

Ал-лель	Кол-во быков	Содержание белка, %			Содержание жира, %			Удой, кг		
		вмолоке дочерей	в молоке сверстниц	+ , –	вмолоке дочерей	в молоке сверстниц	+ , –	дочерей	сверстниц	+ , –
10	2	3,52	3,39	+0,13	4,21	4,09	+0,12	7747	7740	+7
8	13	3,45	3,38	+0,07	4,23	4,05	+0,18	7447	7820	-373
27	6	3,42	3,40	+0,02	4,18	4,08	+0,10	7552	7761	-209
26	2	3,40	3,40	0	3,95	4,10	-0,15	8283	7721	+562
16	16	3,40	3,40	0	4,08	4,10	-0,02	8158	7587	+571
22	26	3,40	3,39	+0,01	4,19	4,02	+0,17	8368	7291	+1077
24	14	3,39	3,43	-0,04	4,07	4,09	-0,02	8117	7625	+492
11	10	3,40	3,40	0	4,12	4,17	+0,05	7386	7811	-425
7	6	3,40	3,40	0	4,02	4,10	-0,08	7955	7716	+239
23	8	3,41	3,41	0	4,00	4,11	-0,11	7824	7727	+97

Таблица 5

Результаты оценки быков-производителей голштинской породы с различными аллелями гена *BoLA-DRB3* по показателям продуктивности их дочерей

Группа аллелей	Кол-во быков	Кол-во дочерей	Содержание белка, %			Содержание жира, %			Удой, кг		
			в молоке дочерей	в молоке сверстниц	+ , –	в молоке дочерей	в молоке сверстниц	+ , –	Дочерей	Сверстниц	+ , –
Ч	69	2415	3,41	3,40	+0,01	4,14	4,07	+0,07	8021	7581	+440
Н	16	672	3,43	3,40	+0,03	4,09	4,09	0	7809	7734	+75
У	18	522	3,35	3,40	-0,05	4,14	4,14	0	7605	7722	-117

Примечание. Чувствительные – Ч; нейтральные – Н; устойчивые – У.

Выводы

Ген BoLA-DRB3 является высокополиморфным, отвечающим за выработку первичного иммунного ответа организма животного на различные заболевания – в частности, персистентный лимфоцитоз и мастит. Наследование данного гена, по всей видимости, сцеплено с локусами, отвечающими за молочную продуктивность коров.

Анализ генотипов быков-производителей, представленных в каталогах ОАО «Московское по племенной работе» за 2009–2012 гг., позволил установить высокую частоту встречаемости чувствительных аллелей (66,9%) в гене BoLA-DRB3. При этом присутствие чувствительных аллелей обеспечивало наибольший удой у их дочерей (8021 кг), которые превосходили по этому показателю дочерей быков, несущих в своем генотипе устойчивые аллели BoLA-DRB3, на 416 кг, и дочерей быков с нейтральными аллелями – на 212 кг. Кроме того, присутствие в генотипе быков чувствительных аллелей способствовало высокому содержанию жира (4,14%) против 4,07 и 4,09% у дочерей быков других генотипов.

При разработке программ, направленных на предотвращение заболеваний животных, необходимо учитывать плейотропное действие BoLA-DRB3 на показатели молочной продуктивности, а также сохранять баланс между целенаправленным использованием коров и вероятностью их болезней. Следовательно, с учетом целей селекции разводимого скота (увеличение удоя, содержания жира и белка в молоке, повышение резистентности животных) для подбора быков-производителей к маточному поголовью целесообразно использовать информацию о генотипах в локусе BoLA-DRB3. Для этого необходимо провести изучение селекционно-генетической ситуации по этому гену в каждом конкретном стаде.

Библиографический список

1. *Alipanah M.* Polymorphism prolactin loci in Russian cattle / M. Alipanah, L. Kalashnikova, G.V. Rodionov // *Journal of Animal and Veterinary Advances.* – 2007. – Т. 6. – № 6. – С. 813–815.
2. *Alipanah M.* Kappa-casein and prl-rsa i genotypic frequencies in two russian cattle breeds / M. Alipanah, Kalashnikova L. Alexandrovna, G. Veladimirovich Rodionov // *Archivos de Zootecnia.* – 2008. – Т. 57. – № 218. – С. 131–138.
3. *Brujeni G.N.* Association of BoLA-DRB3. 2 alleles with BLV infection profiles (persistent lymphocytosis/lymphosarcoma) and lymphocyte subsets in Iranian Holstein cattle / G.N. Brujeni, R. Ghorbanpour, A. Esmailnejad // *Biochemical genetics.* – 2016. – V. 54. – № 2. – P. 194–207.
4. Генетические ресурсы ОАО «Московское» по племенной работе. Изд. третье, перераб. и доп. / Т.Н. Тихонова и др. – М.: Изд-во ОАО «Московское» по племенной работе», 2015. – 148 с.
5. *Ковалюк Н.В.* Влияние BoLA-DRB3 генотипа на оценку молочной продуктивности голштинских быков / Н.В. Ковалюк, В.В. Юницкая // *Сборник научных трудов КНЦЗВ.* – 2020. – Т. 9. – № 1. – С. 32–33.
6. *Ковалюк Н.В.* Методические рекомендации по использованию маркера BoLA-DRB3 в селекционно-племенной работе с крупным рогатым скотом / Н.В. Ковалюк, В.Ф. Сацук. – Краснодар: Парабеллум, 2010. – 24 с.
7. *Ковалюк Н.В.* Использование генетических маркеров для повышения молочной продуктивности коров / Н.В. Ковалюк, В.Ф. Сацук, Е.В. Мачульская // *Зоотехния.* – 2007. – № 8. – С. 2–4.
8. *Сацук В.* Важнейший фактор в селекции молочного скота / В. Сацук, И. Янчуков, А. Ермилов, Н. Ковалюк, А. Волченко // *Молочное и мясное скотоводство.* – 2012. – № 1. – С. 9–11.

9. *Сермягин А.А.* Связь генотипов BoLA-DRB3 с племенной ценностью по показателям молочной продуктивности в российской популяции молочного скота / А.А. Сермягин, Н.В. Ковалюк, А.Н. Ермилов, И.Н. Янчуков, В.Ф. Сацук, А.А. Доцев, Т.Е. Денискова, Г. Брем, Н.А. Зиновьева. *Сельскохозяйственная биология*. – 2016. – Т. 51. – № 6. – С. 775–781.

10. *Тамарова Р.В.* Селекционные методы повышения белкомолочности коров с использованием генетических маркеров: Монография / Р.В. Тамарова, Н.Г. Ярлыков, Ю.А. Корчагина. – Ярославль: ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА», 2014. – 124 с.

DAIRY PRODUCTIVITY OF COWS OBTAINED FROM SIRE WITH DIFFERENT ALLELES OF THE BOLA-DRB3 GENE

G.V. RODIONOV, A.S. OREKHOVA, A.P. OLESYUK, L.P. TABAKOVA

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

An urgent task for dairy cattle breeding is to study the genetic structure of the population by polymorphic systems, which serves as one of the elements of genetic monitoring. Based on the analysis of new methods for assessing the genotypes of animals, it is advisable not only to increase the total amount of protein, but also to increase individual qualitative indicators of protein-milk content. The purpose of the research is to study the occurrence frequency of the Bola-DRB3 gene alleles in sire bulls of the Holstein breed. Based on the analysis, it was noted that out of ten alleles of the Bola-DRB3 gene, in which a relationship was established with milk productivity indicators, the highest occurrence frequency of was observed in allele 22 (25.2%), and the lowest in alleles 10 and 26 (2%). Analysis of the assessment of sire bulls by the quality of offspring with sensitive (S), neutral (N) and resistant (R) groups of alleles showed that bulls having the sensitive alleles of the Bola-DRB3 gene featured higher evaluation rates.

Key words: *BoLA-DRB3 genotypes, susceptible alleles, genetic resource, milk quality.*

References

1. *Alipanah M., Kalashnikova L., Rodionov G.V.* Polymorphism prolactin loci in Russian cattle. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2007; 6: 6: 813–815.
2. *Alipanah M., Alexandrovna Kalashnikova L., Veladimirovich Rodionov G.* Kappa-casein and prl-rsa i genotypic frequencies in two russian cattle breeds. *Archivos de Zootecnia*. 2008; 57; 218: 131–138.
3. *Brujeni G.N., Ghorbanpour R., Esmailnejad A.* Association of BoLA-DRB3. 2 alleles with BLV infection profiles (persistent lymphocytosis/lymphosarcoma) and lymphocyte subsets in Iranian Holstein cattle. *Biochemical genetics*. 2016; 54; 2: 194–207.
4. *Geneticheskiye resursy OAO “Moskovskoye” po plemennoy rabote, izdaniye tret’ye, pererabotannoye i dopolnennoye [Genetic resources of JSC “Moskovskoe” used for breeding work, third edition, reviewed and extended]. Tikhonova T.N. et al. – M.: JSC “Moskovskoye” po plemennoy rabote. 2015: 148. (In Rus.)*
5. *Kovalyuk N.V.* Vliyaniye BoLA-DRB3 genotipa na otsenku molochnoy produktivnosti golshtinskikh bykov [Influence of the BoLA-DRB3 genotype on the assessment of milk productivity of the Holstein cattle]. *N.V. Kovalyuk, V.V. Yunitskaya. Sbornik nauchnykh trudov KNTSZV. 2020; 9; 1: 32–33. (In Rus.)*
6. *Kovalyuk N.V.* Metodicheskiye rekomendatsii po ispol’zovaniyu markera BoLA-DRB3 v selektsionno-plemennoy rabote s krupnym rogatym skotom [Methodical

recommendations on the use of the BoLA-DRB3 marker in selection and breeding work with cattle]. N.V. Kovalyuk, V.F. Satsuk. Krasnodar: Parabellum, 2010: 24. (In Rus.)

7. Kovalyuk N.V., Satsuk V.F., Machul'skaya E.V. Ispol'zovaniye geneticheskikh markerov dlya povysheniya molochnoy produktivnosti korov [Use of genetic markers to increase the milk productivity of cows]. Zootekhnika. 2007; 8: 2–4. (In Rus.)

8. Satsuk V., Yanchukov I., Ermilov A., Kovalyuk N., Volchenko A. Vazhneyshiy faktor v selektsii molochnogo skota [The most important factor in the selection of dairy cattle]. Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2012; 1: 9–11. (In Rus.)

9. Sermyagin A.A., Kovalyuk N.V., Ermilov A.N., Yanchukov I.N., Satsuk V.F., Dotsev A.V., Deniskova T.E., Brem G., Zinovieva N.A. Svyaz' genotipov BoLA-DRB3 s plemennoy tsennost'yu po pokazatelyam molochnoy produktivnosti v rossiyskoy populyatsii molochnogo skota [Relationship of BoLA-DRB3 genotypes with breeding value in terms of milk productivity in the Russian population of dairy cattle]. Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2016; 51; 6: 775–781. (In Rus.)

10. Tamarova R.V. Selektionnye metody povysheniya belkovomolochnosti korov s ispol'zovaniyem geneticheskikh markerov: monografiya [Breeding methods for increasing the milk protein content of cows using genetic markers: Monograph]. R.V. Tamarova, N.G. Yarlykov, Yu.A. Korchagina. – Yaroslavl': FGBOU VPO «Yaroslavskaya GSKHA», 2014: 124. (In Rus.)

Геннадий Владимирович Родионов, д-р с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой молочного и мясного скотоводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: grodionov@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–12–62).

Анастасия Сергеевна Орехова, инженер кафедры молочного и мясного скотоводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: m.b.cattle@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–40–40).

Анна Петровна Олесюк, канд. биол. наук, старший преподаватель кафедры молочного и мясного скотоводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: annakharkova58@mail.ru; тел.: (499) 976–40–40).

Лилия Петровна Табакова, канд. биол. наук, доцент кафедры молочного и мясного скотоводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: tabakova@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–40–40).

Gennady V. Rodionov, DSc (Ag), Professor, Head of the Department of Dairy and Meat Cattle Breeding, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49. E-mail: grodionov@rgau-msha.ru; phone: (499) 976–12–62).

Anastasia S. Orekhova, Engineer, the Department of Dairy and Meat Cattle Breeding, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49. E-mail: m.b.cattle@rgau-msha.ru; phone: (499) 976–40–40).

Anna P. Olesyuk, PhD (Bio), Senior Lecturer, the Department of Dairy and Meat Cattle Breeding, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49. E-mail: annakharkova58@mail.ru; phone: (499) 976–40–40).

Lilia P. Tabakova, PhD (Bio), Associate Professor, the Department of Dairy and Meat Cattle Breeding, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Russia, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49. E-mail: tabakova@rgau-msha.ru; phone: (499) 976–40–40).