

ОЦЕНКА ПЛЕМЕННЫХ БЫКОВ И БЫКОПРОИЗВОДЯЩИХ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ МОЛОЧНОГО СКОТА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ С УЧЕТОМ ГЕНОТИПОВ ПО В-КАЗЕИНУ МОЛОКА

**И. П. ШЕЙКО, Н. В. КЛИМЕЦ, Н. И. ПЕСОЦКИЙ,
Ж. И. ШЕМЕТОВЕЦ**

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по животноводству»,
г. Жодино, Республика Беларусь, 222163*

(Поступила в редакцию 08.02.2022)

В последнее десятилетие в таких странах, как США, ЕС, Индия, Китай и др. широко осуществляется оценка частоты встречаемости генотипов β -казеина у молочного скота разных пород. Исследованиями установлено, что желательный аллель A2 β -казеина молока имеет широкий диапазон встречаемости в разрезе стран и пород – от 24 до 80,9 %. Наибольшая частота встречаемости желательного аллеля A2 β -казеина у обследованных животных голштинской породы наблюдалась в Нидерландах (69 %), США (62%) и Дании (61,4%). Для изучения данной проблемы в Республике Беларусь проведено тестирование племенных быков и быкопроизводящих коров в отраслевой научно-исследовательской лаборатории ДНК-технологии ГГАУ и лаборатории молекулярной биотехнологии и ДНК-тестирования РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству». Установлено, что частота встречаемости предпочтительных генотипов A2A2 и A2A3 среди исследованного поголовья племенных быков голштинской породы молочного скота отечественной селекции составила от 41,7 до 65,5 %, гетерозиготных животных с одним желательным аллелем A2 – 30,0–45,8 % и гомозиготных и гетерозиготных животных с двумя нежелательными аллелями A1, B от 4,4 до 15,0 %. Среди протестированного поголовья быкопроизводящих коров данной породы в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» (100 гол.) получены следующие результаты: 37 % животных имеют желательный генотип A2A2, 48 % – A1A2, 15 % – A1A1; в ОАО «Городея» (102 гол.) – 42 %, 47 %, 11 %, соответственно. Результаты тестирования будут использованы при создании селекционных стад коров с желательными генотипами по β -казеину молока.

Ключевые слова: голштинская порода, племенные быки, быкопроизводящие коровы, генотипы по β -казеину молока.

In the last decade, in countries such as the USA, EU, India, China, etc., the frequency of occurrence of β -casein genotypes in dairy cattle of various breeds has been widely assessed. Studies have established that the desirable A2 allele of milk β -casein has a wide range of occurrence in the context of countries and breeds – from 24 to 80.9 %. The highest frequency of occurrence of the desired A2 allele of β -casein in the examined animals of the Holstein breed was observed in the Netherlands (69 %), the USA (62 %) and Denmark (61.4)%. To study this problem in the Republic of Belarus, testing of breeding bulls and bull-producing cows was carried out in the branch research laboratory of DNA technology of the Grodno State Agrarian University and the laboratory of molecular biotechnology and DNA testing of the Republican Unitary

Enterprise "SPC of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry". It was established that the frequency of occurrence of the preferred genotypes A2A2 and A2A3 among the studied population of breeding bulls of the Holstein breed of dairy cattle of domestic selection ranged from 41.7 to 65.5 %, heterozygous animals with one desirable allele A2 – 30.0-45.8 %, and both homozygous and heterozygous animals with two unwanted alleles A1 and B from 4.4 to 15.0 %. Among the tested livestock of bull-producing cows of this breed in the State Enterprise "ZhodinoAgroPlemElita" (100 heads), the following results were obtained: 37 % of animals have the desired genotype A2A2, 48 % – A1A2, 15 % – A1A1; in OAO "Gorodeya" (102 heads) – 42 %, 47 %, 11 %, respectively. The test results will be used to create breeding herds of cows with desirable genotypes according to milk β -casein.

Key words: *Holstein breed, breeding bulls, bull-producing cows, milk β -casein genotypes.*

Введение. Разведение и селекция молочного скота – динамично развивающаяся область животноводческой науки, в которой селекционеры постоянно сталкиваются с новыми проблемами. Молекулярная генетика предоставила селекционерам новые технологии, которые можно использовать в сочетании с традиционными методами отбора. Разработаны тесты на основе ДНК, в соответствии с которыми можно выбирать животное с желательным для определенных признаков генотипом (например, потребление корма, мраморность, воспроизводство, качество молока и т.д.) для увеличения по ним скорости генетического прогресса. Оценка затрат и доходов от использования доступных тестов на основе ДНК для содействия отбору по признакам, имеющим экономическую значимость, является обязательной до применения их в качестве инструмента отбора. Одним из таких инструментов является тест на определение генотипов β -казеина.

На настоящий момент выявлено более 12 аллельных вариантов β -казеина, которые принято делить на две группы A1 и A2 с учетом влияния на качество молока. К группе A2 относят аллели: A2, A3, H1, H2, I, E, D. Противоположными аллелями являются A1, B, C, F и G, которые относят к группе A1 [1, с.369]. Известно, что β -казеин состоит из 209 аминокислот. У животных с генотипами A1A1 и A2A2 структура β -казеина отличается единственной аминокислотой: генотип A1A1 содержит в позиции 67 аминокислоту гистидин, генотип A2A2 – пролин. Из-за различной первичной структуры белка при употреблении в пищу коровьего молока от животных с генотипами A1A1 и A2A2 β -казеины расщепляются в желудочно-кишечном тракте человека с образованием разных веществ. Так, при расщеплении A1 β -казеина образуется пептид, состоящий из семи аминокислотных остатков, который называется бычий казоморфин-7 или БКМ-7 [2]. Казоморфины относятся к группе опиодных пептидов пищевого происхождения. Их основными свойствами являются снижение болевой чувствительности, контроль функций

центральной и периферической нервных систем, в том числе врожденных поведенческих реакций и обучения, влияние на перистальтику желудочно-кишечного тракта человека. Аминокислотная последовательность казоморфинов позволяет им регулировать развитие различных систем новорожденного, а также влиять на организм кормящей матери.

Новозеландскими и немецкими учеными в области диабетологии отмечено неблагоприятное влияние коровьего молока животных с генотипом A1A1 β -казеина на здоровье детей. Ряд исследований связывают наличие БКМ-7 с психомоторным развитием ребенка в раннем возрасте, а группа российских ученых выдвинула гипотезу о роли опиатов в развитии детского аутизма [3]. Исследования в Китае показали, что потребление молока A2 может быть связано с ослаблением желудочно-кишечных симптомов непереносимости молока у пациентов с непереносимостью лактозы [4].

В некоторых странах начали разрабатывать методы контроля генетических форм β -казеина в детском питании. Ученые известной компании детского питания Нестле разработали метод сверхэффективной жидкостной хроматографии и масс-спектрометрии высокого разрешения для интактных белков, которые могут эффективно обнаруживать, идентифицировать и характеризовать основные молочные белки и их протеоформы (статус фосфорилирования, степень гликирования, генетические варианты) в ингредиентах и конечных продуктах с акцентом на выявление и количественную оценку конкретных генетических вариантов β -казеина в смесях для грудных детей [5].

Известный в мире ученый в области детского здоровья, почетный профессор Оклендского университета, лауреат звания Сеньор Новой Зеландии 2020 года Боб Эллиот в своем интервью электронному portalу «Фермерский еженедельник» в июле 2019 года призвал фермеров Новой Зеландии полностью перейти на производство молока A2. Профессор привел пример последних исследований китайских медиков, которые показали, что проблемы с употреблением питьевого молока у китайцев связаны не столько с непереносимостью лактозы, сколько с влиянием молока животных с генотипом A1A1 β -казеина на расстройства пищеварительного тракта и некоторые другие проблемы со здоровьем. В этой связи, Боб Эллиот считает, что новозеландская молочная отрасль должна воспользоваться огромнейшим потенциалом Китая как потребителя молочных продуктов на основе молока A2 [6].

В этой связи ученые и практики в области разведения и селекции молочного скота во многих странах мира начали особое внимание

уделять оценке и отбору коров, особенно потенциальных матерей ремонтных быков с учетом генотипов по β -казеину молока [7].

Таким образом, оценка и отбор племенных быков и быкопроизводящих коров и их тестирование по генотипам β -казеина молока является актуальной проблемой для отечественного молочного скотоводства.

Основная часть. На формирование аллелотипа стада с учетом аллелей по β -казеину влияют такие факторы, как генетическая генеалогия, эффект родоначальника линии, дрейф мутантного или нормального аллеля. Дрейф аллеля A2 обусловлен искусственным отбором, несмотря на это поступление мутантного A1 аллеля часто происходит за счет покупки неаттестованного племенного материала. Исследования по тестированию племенных быков по генотипам β -казеина проведены в отраслевой научно-исследовательской лаборатории ДНК-технологии ГГАУ Протестировано 113 племенных быков РСУП «Брестплемпредприятие», 2013–2020 гг. рождения. Из них получено в племенных сельскохозяйственных предприятиях Республики Беларусь 52 племенных животных, закуплено по импорту 61 голова, в том числе из Венгрии – 3, Люксембурга – 3, Нидерландов 7 и Германии 48 голов. Установлено, что наибольшее число исследованных животных (65,5 %) имеют желательные генотипы A2A2 и A2A3 по β -казеину. Смешанные аллели A1 и A2 имеют 34 быка (30,1 %). Нежелательные генотипы A1A1 и A1B имеют 5 животных (4,4 %).

Проведено тестирование по генотипам β -казеина 40 импортных племенных быков, принадлежащих РУСП «Минское племпредприятие». Установлено, что наибольшее число исследованных животных 22 головы (55,0 %) имеют желательный генотип A2A2 по β -казеину, смешанные аллели A1, A2 и B – 12 быков (30,0 %) и нежелательные генотипы A1A1 и A1B – 6 животных (15,0 %).

Среди протестированных 24 племенных быков РСУП «Гомельское племпредприятие» наибольшую долю занимают животные с гетерозиготным генотипом по β -казеину A1A2 – 45,8 %. Частота встречаемости животных с желательным генотипом A2A2 составила 41,7 %, с нежелательным генотипом A1A1 – 12,5 % животных.

Отобраны потенциальные матери племенных быков (быкопроизводящие коровы) голштинской породы отечественной селекции в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского и ОАО «Городея» Невижского районов и проведено их тестирование по генотипам β -казеина в лаборатории молекулярной биотехнологии и ДНК-тестирования РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» с использованием

метода анализа полиморфизма длины рестрикционных фрагментов (ПДРФ) с предварительным использованием ПЦР-анализа.

В табл. 1 представлена информация о результатах исследований быкопроизводящих коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции по генотипам β -казеина в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита».

Таблица 1. Результаты тестирования быкопроизводящих коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита»

Генотипы по β -казеину	К-во голов	% от исследованных животных
A2A2	37	37,0
A1A2	48	48,0
A1A1	15	15,0
Всего	100	100,0

Установлено, что среди приведенных в таблице животных наибольшую долю занимают животные с гетерозиготным генотипом по β -казеину A1A2 – 48 %. Частота встречаемости коров с желательным генотипом A2A2 среди протестированных составила 37 %, с нежелательным генотипом A1A1 – 15 % животных.

В табл. 2 приведены результаты исследований быкопроизводящих коров голштинской породы в ОАО «Городея» по генотипам β -казеина.

Таблица 2. Результаты тестирования быкопроизводящих коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции по генотипам β -казеина в СПК «Городея»

Генотипы по β -казеину	К-во голов	% от исследованных животных
A2A2	43	42,2
A1A2	48	47,0
A1A1	11	10,8
Всего	102	100

Как видно из данных таблицы, среди быкопроизводящих коров данной породы наибольшую долю занимают животные с гетерозиготным генотипом по β -казеину A1A2 – 47 %. Частота встречаемости животных с желательным генотипом A2A2 среди протестированных коров составила 42,2 %, нежелательный генотип A1A1 имеют 10,8 % животных.

Результаты тестирования коров будут использованы при создании селекционных стад коров с желательными генотипами по β -казеину молока в обоих хозяйствах.

Для гарантированного получения потомства с желательным генотипом необходимо за коровами с генотипом A2A2 по β -казеину закрепить быков с аналогичным генотипом [8].

Проанализирована численность потенциальных матерей ремонтных

быков голштинской породы с генотипом А2А2 у различных отцов в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» и ОАО «Городея» (табл. 3).

Таблица 3. Распределение быкопроизводящих коров с генотипом А2А2 с учетом их отцов

Кличка отца	Номер отца	Кол-во голов
1	2	3
Болеро	500608	9
Мелхор	500610	8
Балистос	100493	7
Спич	750461	6
Ялта	100556	5
Хорис	500553	4
Аупро	500547	4
Колосс	750459	3
Валдай	200338	2
Скотт	300725	2
Лео	300725	2
Боссет	500713	2
Самуэль	500186	2
Банкир	500147	2
Татар	600587	1
Фейсоф	750419	1
Ремант	750379	1
Погром	300325	1
Кесвик	750420	1
Габлес	750484	1
Денни	500697	1
Бархат	500185	1
Мантай	750101	1
Визард	750133	1
Тросник	500219	1
Бекер	750354	1
Гомер	750270	1

Как видно из данных табл. 3, наибольшее количество дочерей с генотипом А2А2 получено от быков Болеро 500608, Мелхор 500610, Раймондо 400593, Балистос 100493, Спич 750461, Ялта 100556. Плановое использование данных производителей на коровах с определенными генотипами будет способствовать созданию селекционных стад с предпочтительными генотипами по β -казеину.

Заключение. Проведена оценка, отбор племенных быков РСУП «Брестплемпредприятие» (113 гол.), РУСП «Минское племпредприятие» (40 гол.) и РСУП «Гомельское племпредприятие» (24 гол.) и их тестирование по генотипам β -казеина методом ПДРФ. Среди исследованного поголовья производителей установлено от 41,7 до 65,5 % животных с желательными генотипами А2А2 и А2А3, гетерозиготных

животных с одним желательным аллелем A2 – 30,0–45,8 % и гомозиготных и гетерозиготных животных с двумя нежелательными аллелями A1, B от 4,4 до 15,0 %.

Проведен отбор быкопроизводящих коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции в хозяйствах-оригинаторах и их тестирование по генотипам β -казеина методом ПДРФ. Установлено, что среди протестированного поголовья коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» (100 гол.) 37 % животных имеют желательный генотип A2A2, 48 % – A1A2, 15 % – A1A1; ОАО «Городея» (102 гол.) – 42 %, 47 %, 11 % соответственно.

Результаты тестирования будут использованы при создании селекционных стад коров с желательными генотипами по β -казеину молока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марзанов, Н. С. Характеристика аллелотипа у коров черно-пестрой породы по локусам бета- и каппа-казеина и качественные показатели молока / Н. С. Марзанов, Д. А. Абылкасымов, И. С. Либет, Д. А. Девришов, С. Н. Марзанова // Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством. – 2020. – № 1. – С. 368–376.

2. A Naturally Occurring Opioid Peptide from Cow's Milk, Beta-Casomorphine-7, Is a Direct Histamine Releaser in Man / M. Kurek, B. Przybilla, K. Hermann, I. Ring // *Int Arch Allergy Immunol.* – 1992. - Vol. 97. – P. 115–120.

3. Вудфорд, К. Дьявол в молоке. Болезнь, здоровье и политика. Молоко A1 и A2 / К. Вудфорд. – Москва : РАМН, 2018. – 320 с.

4. Identification of alleles and genotypes of beta-casein with DNA sequencing analysis in Chinese Holstein cow / D. Ronghua [et al.] // *The Journal of Dairy Research.* – 2016. – Vol. 83 (3). – P. 312–316.

5. Fuierer C., Jenni R., Cardinaux L., Andetson F., Wagniere S., Moulin J., and Affolter M. Protein fingerprinting and quantification of β -casein variants by ultraperformance liquid chromatography–high-resolution mass spectrometry // *J. Dairy Sci.* – 2020. – Vol. 103, № 2. – P. 1193–1207.

6. Elliott R.B., Harris D.P., Hill J.P., Bibby N.J., Wasmuth H.E. Type I (insulin-dependent) diabetes mellitus and cow milk: casein variant consumption // *Diabetologia* – 1999. – Vol. 42. – P. 292–296.

7. Характеристика российских молочных пород крупного рогатого скота по встречаемости генотипов и аллелей в локусе бетаказеина / Н. С. Марзанов, Д. А. Девришов, С. Н. Марзанова, Д. А. Абылкасымов, Н. В. Коновалова, И. С. Либет // *Ветеринария. Зоотехния. Биотехнология.* – 2020. – № 1. – С. 47–52.

8. Ковалюк, Н. В. Технология создания стада – продуцента молока A2 / Н. В. Ковалюк, М. В. Бондаренко, Ю. Ю. Шахназарова // *Молочное и мясное скотоводство.* – 2021. – № 8. – С. 12–14.