

weight, backfat thickness, fertility, and body measurements / S. Blöttner [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2011. – Vol. 94, No. 2. – P. 1058-1068.

6. Possible Effects of 25 Years of Selection and Crossbreeding on the Genetic Merit and Productivity of New Zealand Dairy Cattle / N. Lopez-Villalobos [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2007. – Vol. 90, No. 3. – P. 1538-1547.

7. VanRaden, P. M. Economic Merit of Crossbred and Purebred US Dairy Cattle / P. M. VanRaden, A. H. Sanders // Journal of Dairy Science. – 2003. – Vol. 86, No. 3. – P. 1036-1044.

8. Технологические основы производства молока / И. В. Брыло, А. Ф. Трофимов, В. Н. Тимошенко, А. А. Музыка, А. Л. Зиновенко ; Науч.-практический центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству. – Жодино, 2012. – 373 с.

9. Зоотехнические правила о порядке определения продуктивности племенных животных, племенных стад, оценки фенотипических и генотипических признаков племенных животных : утв. постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 3 сентября 2013 г. N 44. // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь [Электрон. ресурс]. – 2007-2019. – Режим доступа: <https://mshp.gov.by/documents/plem/c338416caf16f530.html>

10. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Вышэйшая школа, 1973. – 320 с.

11. Testimonials about Norwegian Red // Geno Norwegian Red [Electronic resource]. – 2019. – Mode of access: <https://www.norwegianred.com/testimonials/>

*Поступила 6.07.2022 г.*

УДК 636.2.082.231:612.664.14

<https://doi.org/10.47612/0134-9732-2022-57-1-139-146>

И.П. ШЕЙКО, Н.И. ПЕСОЦКИЙ, Н.В. КЛИМЕЦ, И.Н. КОРОНЕЦ

## **ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ПЛЕМЕННЫХ СТАД С ЖЕЛАТЕЛЬНЫМИ ГЕНОТИПАМИ ПО $\beta$ -КАЗЕИНУ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

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

Создание племенных стад молочного скота с желательными генотипами по  $\beta$ -казеину в Республике Беларусь является актуальной задачей отечественного молочного скотоводства. В настоящее время, наряду с оценкой основных селекционируемых признаков, во многих странах мира проводится тестирование и отбор коров желательных генотипов по  $\beta$ -казеину с целью улучшения качественных характеристик молока. В статье представлены результаты оценки 252 коров селекционных стад разных пород по генотипам  $\beta$ -казеина методом ПДРФ, разводимых в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского, ОАО «Городея» Несвижского, ГП «Экспериментальная база «Криничная» Мозырского и УСП «Новый Двор – Агро» Свислочского районов. Установлено, что наилучшим соотношением желательного A2A2 и нежелательного A1A1 генотипов характеризовались коровы симментальской породы – 64,0 и 4,0 % соответственно. Для

создания селекционных стад, а также отбора матерей ремонтных быков с учётом генотипов по  $\beta$ -казеину является предварительный отбор ремонтных тёлочек с желательным генотипом A2A2.

**Ключевые слова:** племенные стада,  $\beta$ -казеин, молочное скотоводство, генотипы, аллели, отбор, тестирование.

I.P. SHEIKO, N.I. PESOTSKY, N.V. KLIMETS, I.N. KORONETS

## PROSPECTS FOR CREATING PEDIGREE HERDS WITH DESIRABLE $\beta$ -CASEIN GENOTYPES IN THE REPUBLIC OF BELARUS

*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences  
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

Creation of pedigree herds of dairy cattle with desirable  $\beta$ -casein genotypes in the Republic of Belarus is an urgent task of domestic dairy cattle breeding. Currently, along with the evaluation of basic selection traits, many countries around the world test and select cows with desirable  $\beta$ -casein genotypes in order to improve the quality characteristics of milk. The article presents the results of evaluation of 252 cows of breeding herds of different breeds for  $\beta$ -casein genotypes by the RFLP method, bred in SE “ZhodinoAgroPlemElita” of Smolevichi district, JSC “Gorodeya” of Nesvizh district, SE “Experimental base “Krinichnaya” of Mozyr district and UAE “Noviy Dvor – Agro” of Svisloch district. The Simmental cows showed the best ratio of desirable A2A2 and undesirable A1A1 genotypes – 64.0 and 4.0% respectively. To create breeding herds as well as to select dams of replacement bulls taking into account  $\beta$ -casein genotypes, preliminary selection of replacement heifers with the desirable genotype A2A2 is required.

**Keywords:** pedigree herds,  $\beta$ -casein, dairy cattle breeding, genotypes, alleles, selection, testing.

**Введение.** Учёные и практики в области разведения и селекции молочного скота многих стран уделяют особое внимание разработке методов создания селекционных стад, оценки и отбора матерей ремонтных быков с учётом генотипов по  $\beta$ -казеину молока в связи с определённым влиянием пептидов этого белка на здоровье людей. В настоящее время выявлено более 10 аллельных вариантов  $\beta$ -казеина, которые можно разделить на группы A1 и A2. Известно, что  $\beta$ -казеин состоит из 209 аминокислот. У животных с генотипами A1A1 и A2A2 структура  $\beta$ -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  $\beta$ -казеины расщепляются в желудочно-кишечном тракте человека с образованием разных веществ, в первую очередь биологически активных пептидов. Казеины

представляют собой резервуар для широкого спектра биоактивных пептидов, второстепенных регуляторных соединений с гормоноподобной активностью, которые могут влиять на пищевую ценность молока. Биопептиды были определены как специфические фрагменты белка, которые положительно влияют на функции и состояние организма. Такие пептиды неактивны в последовательности родительского белка и высвобождаются ферментативным протеолизом во время желудочно-кишечного переваривания. На биологическую активность пептидов, высвобождаемых при переваривании молочного белка, могут влиять обмены участков хромосом, делеция, возникающие в результате генных мутаций [1, 2, 3, 4].

По данным российских учёных, на формирование аллелотипа стада коров с учётом аллелей  $\beta$ -CNA2 и  $\beta$ -CNA1 влияют такие факторы, как происхождение быка, эффект родоначальника линии, дрейф мутантного или нормального аллеля. Главной причиной такого явления служит жёсткая селекция и широкое использование небольшой группы элитных быков-носителей  $\beta$ -CNA1 аллеля для искусственного осеменения большого массива коров, множественная овуляция и эмбриотрансплантация. Коровы также являются поставщиком мутантного аллеля, но в меньшей степени. Они больше служат резерватом, то есть хранителем его в стаде в виде гомозигот ( $\beta$ -CNA1/ $\beta$ -CNA1) или гетерозигот ( $\beta$ -CNA1/ $\beta$ -CNA2). Мутантный  $\beta$ CNA1 аллель является кодоминантным фактором. Следует отметить, что это новое явление в диагностике аномальных аллелей в молочном скотоводстве. Ранее выявленные мутантные аллели, вызывающие наследственные болезни, встречались только в виде рецессивных факторов [5].

По данным новозеландского профессора К. Вудфорд, сначала всё молоко получали от коров с  $\beta$ -CNA2 аллелем. По предположительным данным, из-за случайной мутации, произошедшей 8000 лет назад в Северной Европе, часть коров стала давать молоко с  $\beta$ -казеином A1. С точки зрения биохимии, козье, овечье, верблюжье, кобылье и отчасти коровье молоко и, самое главное, женское грудное молоко относится к A2  $\beta$ -казеиновому молоку. До сих пор не установлено, от чего произошла мутация ( $\beta$ -CNA2 $\rightarrow$  $\beta$ -CNA1), как и многие другие генетические сбои в организме высокомоленных пород крупного рогатого скота. Главный вопрос заключается в том, почему это произошло, из-за чего носители  $\beta$ -CNA1 аллеля сохранились в процессе эволюции и так широко распространились. Одна из рабочих гипотез заключается в том, что  $\beta$ -CNA1 и  $\beta$ -CNA2 аллели располагаются рядом с пулом генов, которые оказывают положительное влияние на различные продуктивные признаки современных пород крупного рогатого скота [6].

Первыми странами, где были созданы стада животных с генотипом

$\beta$ -CNA2/A2, являются Новая Зеландия и Австралия. По расчётам британских и новозеландских исследователей, дополнительный доход при осеменении быками-производителями с генотипом  $\beta$ -CNA2/A2 в стаде на 100 коров в течение 5 лет оценивался в 60 000 долларов США. Это объясняется тем, что в этих странах установлена дополнительная оплата в размере 0,04 фунта стерлингов за литр такого молока. Рассчитано, что при среднем удое в Новой Зеландии 4000 кг молока одна корова с генотипом  $\beta$ -CNA2/A2 дополнительно приносит доход в размере 160 фунтов по сравнению с животными с других генотипов. В этих странах разработано доильное оборудование с отводной линией, которое поставлено также в Республику Беларусь в 2009 году. Ситуация с молоком A2 привела к тому, что стоимость племенных коров с таким генотипом оценивалась на 200 долларов США выше, чем животных других генотипов по  $\beta$ -казеину [7].

В последнее десятилетие в таких странах, как США, ЕС, Индия, Китай и т. д. широко осуществляется оценка частоты встречаемости аллелей и генотипов  $\beta$ -казеина у молочного скота разных пород. Оценка 133 коров китайского голштинского скота показала, что наиболее часто встречался генотип A2A1 (35,3 %), поголовье животных с генотипами A1A1 составило 25 %, с генотипом A2A2 – 28 %. Соотношение аллелей A1/A2 по  $\beta$ -казеину составило 43,2 к 45,9 % [8].

Изучена информация о встречаемости аллелей по  $\beta$ -казеину в разрезе разных стран и молочных пород крупного рогатого скота [9]. Установлено, что желательный аллель A2  $\beta$ -казеина молока имеет широкий диапазон встречаемости в разрезе стран и пород – от 24 до 80,9 %. Наибольшая частота встречаемости желательного аллеля A2  $\beta$ -казеина у обследованных животных голштинской породы наблюдалась в Нидерландах (69 %), США (62 %) и Дании (61,4 %). У скота красно-пёстрых молочных пород аллель A2  $\beta$ -казеина определён у 53,1 % из 394 обследованных животных в Швеции. Наибольшая частота встречаемости аллеля A2 симментальской породы установлена у животных чешской селекции (80,9 %).

В 2009 году проведено исследование 15 пород крупного рогатого скота на встречаемость аллелей и генотипов по  $\beta$ -казеину у местных пород Индии. Установлено, что животные 13 пород на 100 % являются носителями аллелей A2 и, соответственно, генотипов A2A2 по  $\beta$ -казеину [10].

Оценка и отбор племенных коров, особенно потенциальных матерей быков, имеет большое значение для селекционного прогресса в молочном скотоводстве. В настоящее время, наряду с оценкой основных селекционируемых признаков, во многих странах мира проводится тестирование и отбор коров с желательными генотипами по  $\beta$ -казеину с

целью улучшения качественных характеристик молока. В этой связи учёные и практики в области разведения и селекции молочного скота стали особое внимание уделяют разработке методов создания селекционных стад, оценки и отбора матерей ремонтных быков с учётом генотипов по  $\beta$ -казеину молока [11].

Таким образом, создание племенных стад молочного скота с желательными генотипами по  $\beta$ -казеину в Республике Беларусь является актуальной задачей для отечественного молочного скотоводства.

**Материал и методика исследований.** На первом этапе исследований проанализированы научные зарубежные источники по обоснованию необходимости создания селекционных стад, оценки и отбора матерей ремонтных быков с учётом генотипов по  $\beta$ -казеину. На втором этапе работы проведено тестирование потенциальных матерей быков различных молочных пород по генотипам  $\beta$ -казеина.

Объектом исследований являлись потенциальные матери ремонтных быков голштинской, симментальской и красных молочных пород, разводимых в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского, ОАО «Городея» Несвижского, ГП «Экспериментальная база «Криничная» Мозырского и УСП «Новый Двор – Агро» Свислочского районов.

Тестирование животных на генотипы по  $\beta$ -казеину проведены в лаборатории молекулярной биотехнологии и ДНК-тестирования РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству».

**Результаты эксперимента и их обсуждение.** Отобраны 252 коровы разных пород в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского, ОАО «Городея» Несвижского, УСП «Новый Двор – Агро» Свислочского и ГП «Экспериментальная база «Криничная» Мозырского районов и проведено их тестирование по генотипам  $\beta$ -казеина методом ПДРФ-анализа в лаборатории молекулярной биотехнологии и ДНК-тестирования РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (таблица).

Таблица – Результаты тестирования потенциальных матерей быков различных молочных пород по генотипам  $\beta$ -казеина

Порода	Обследовано, голов	Генотипы по $\beta$ -казеину					
		A2A2		A1A2		A1A1	
		n	%	n	%	n	%
Голштинская	100	37	37,0	48	48,0	15	15,0
Красный белорусский скот	102	12	11,8	45	44,1	45	44,1
Симментальская	50	32	64,0	16	32,0	2	4,0

Установлено, что среди протестированных коров голштинской

породы частота встречаемости животных с желательным генотипом A2A2 составила 37 %, наибольшую долю занимали животные с гетерозиготным генотипом по  $\beta$ -казеину A1A2 – 48 %, нежелательный генотип A1A1 имели 15 % животных. Среди исследованных коров красного белорусского скота процент животных с генотипом A2A2 составил 11,8 %, с двумя другими генотипами был одинаковым и составил 44,1 %. Самым лучшим соотношением желательного A2A2 и нежелательного A1A1 генотипов характеризовались коровы симментальской породы – 64,0 и 4,0 % соответственно.

Международная практика разведения молочного скота показывает, что гарантированным способом получения потомства с желательным генотипом является закрепление быков с генотипом A2A2 за коровами с аналогичным генотипом. При спаривании самки A1A2 с быком A2A2 будет получено 50 % потомства A1A2 и 50 % потомства A2A2. Если же спаривать корову A1A1 с быком A2A2, то будет получено 100 % потомства с генотипом A1A2 (рисунок).

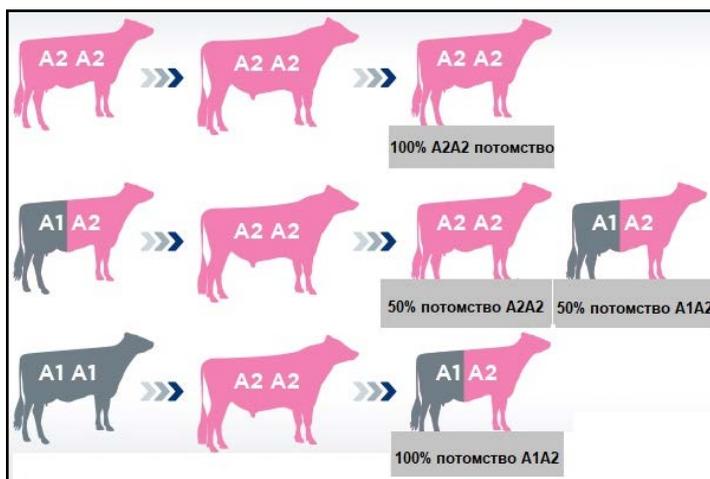


Рисунок – Схема создания селекционных стад с учётом генотипов по  $\beta$ -казеину

Процесс замещения аллелей  $\beta$ -CNA1 на  $\beta$ -CNA2 традиционными методами разведения молочного скота займёт несколько десятков лет, поэтому особое значение в решении этой проблемы будут иметь следующие биотехнологические приёмы: искусственное осеменение коров замороженным семенем быка с известным генотипом, трансплантация эмбрионов с заданным генотипом, создание популяций быков-производителей и быковоспроизводящих групп коров разных пород с  $\beta$ -CNA2/A2

гомозиготой. Это позволит в короткие сроки получить потомство с желательным генотипом.

**Заключение.** Изучена частота встречаемости различных генотипов по  $\beta$ -казеину в разрезе стран и пород крупного рогатого скота. У обследованных животных голштинской породы наиболее высокая частота встречаемости желательного аллеля A2  $\beta$ -казеина наблюдалась в Нидерландах (69 %), США (62 %) и Дании (61,4 %), красно-пестрых молочных пород – Швеции (53,1 %), симментальской породы – Чехии (80,9 %) и местных пород – в Индии (100 %).

Проведена оценка 252 коров селекционных стад разных пород по генотипам  $\beta$ -казеина методом ПДРФ. Среди протестированных потенциальных матерей быков голштинской породы частота встречаемости коров с желательным генотипом A2A2 составила 37 %, наибольшую долю занимали животные с гетерозиготным генотипом по  $\beta$ -казеину A1A2 – 48 %, нежелательный генотип A1A1 имели 15 % животных. Среди исследованных коров красного белорусского скота процент животных с генотипом A2A2 составил 11,8 %, с двумя другими генотипами был одинаковым и составил 44,1 %. Самым лучшим соотношением желательного A2A2 и нежелательного A1A1 генотипов характеризовались коровы симментальской породы – 64,0 и 4,0 % соответственно.

Для ускорения процесса перехода стад на производство молока A2 необходимо продолжить проведение тестирования маточного поголовья для определения частоты встречаемости гена A2 в стадах, а также использовать сексированную сперму быков с генотипом  $\beta$ -казеину A2A2 на поголовье ремонтных тёлочек. Для создания селекционных стад, а также отбора матерей ремонтных быков с учётом генотипов по  $\beta$ -казеину является предварительный отбор ремонтных тёлочек с желательным генотипом A2A2.

#### Литература

1. Naturally Occurring Opioid Peptide from Cow's Milk, Beta-Casomorphin-7, Is a Direct Histamine Releaser in Man / M. Kurek [et al.] // *Int Arch Allergy Immunol.* – 1992. – Vol. 97. – P. 115–120. doi: 10.1159/000236106
2. Type I (insulin-dependent) diabetes mellitus and cow milk: casein variant consumption / R. B. Elliott [et al.] // *Diabetologia.* – 1999. – Vol. 42. – P. 292-296. doi: 10.1007/s001250051153.
3. Autistic children display elevated urine levels of bovine casomorphin-7 immunoreactivity / O. Sokolov [et al.] // *Peptides.* – 2014. – Vol. 56. – P. 68-71. doi: 10.1016/j.peptides.2014.03.007
4. Laugesen, M. Ischaemic heart disease, type 1 diabetes, and cow milk A1 beta-casein / M. Laugesen, R. Elliott // *N Z Med. J.* – 2003. – Vol. 116:u295.
5. Характеристика российских молочных пород крупного рогатого скота по встречаемости генотипов и аллелей в локусе бетаказеина / Н. С. Марзанов [и др.] // *Ветеринария Зоотехния Биотехнология.* – 2020. - № 1. – С. 47-52. DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.202001007
6. Вудфорд, К. Дьявол в молоке. Болезнь, здоровье и политика. Молоко A1 и A2 / К. Вудфорд. – Москва, 2018. – 320 с.

7. Kearney, J. F. Cumulative Discounted Expressions of Sire Genotypes for the Complex Vertebral Malformation and  $\beta$ -Casein Loci in Commercial Dairy Herds / J. F. Kearney, P. R. Amer, B. Villanueva // J. Dairy Sci. – 2005. – Vol. 88, № 12. – P. 4426-4433. doi:10.3168/JDS.S0022-0302(05)73129-5
8. Identification of alleles and genotypes of beta-casein with DNA sequencing analysis in Chinese Holstein cow / R. Dai [et al.] // The Journal of Dairy Research. – 2016. – Vol. 83(3). – P. 312-316. doi: 10.1017/S0022029916000303
9. Kaminski, S. Polymorphism of bovine beta-casein and its potential effect on human health / S. Kaminski, A. Cieslinska, E. Kostyr // J. Appl. Genet. – 2007. – Vol. 48. – №3. – P. 189–198. doi: 10.1007/BF03195213
10. Status of milk protein,  $\beta$ -casein variants among Indian milch animals / B. P. Mishra // Indian // J. Anim. Sci. – 2009. – Vol. 79, no. 7. – P. 722-725.
11. Evaluation of bovine beta casein polymorphism in two dairy farms located in northern Italy / E. Massella [et al.] // Italian Journal of Food Safety. – 2017. – Vol. 6. – P. 131-133. doi: 10.4081/ijfs.2017.6904

*Послупила 17.03.2022 г.*