

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ В МОЛОЧНОМ СКОТОВОДСТВЕ

GENETIC MARKERS IN DAIRY CATTLE BREEDING

¹*Сычёва О.В.*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

²*Кононова Л.В.*, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹*Sycheva O.V.*, doctor of agricultural sciences, professor

²*Kononova L.V.*, candidate of agricultural sciences, associate professor

¹Ставропольский государственный аграрный университет

²Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Ставрополь

¹Stavropol state agrarian university

²Russian research institute of sheep breeding and goat breeding – branch of FSBSI «North-Caucasian Federal agrarian research centre», Stavropol

В настоящей работе рассматриваются перспективные гены – потенциальные маркеры продуктивности и качества молока в молочном скотоводстве.

In the present work perspective genes – potential markers of milk productivity and quality in dairy cattle breeding are considered.

Ключевые слова: генетические маркеры продуктивности, молоко, качество, продуктивность, каппа-казеин, бета-лактоглобулин, пролактин, соматотропин, лептин.

Keywords: genetic markers of productivity, milk, quality, productivity, Kappa-casein, beta-lactoglobulin, prolactin, growth hormone, leptin.

Для определения генетического потенциала племенных животных используют методы ДНК-диагностики, которые позволяют выделять и маркировать гены, детерминирующие признаки продуктивности. Вовлечение в число селекционируемых признаков генетических параметров животных призвано ускорить селекционно-племенную работу с молочными породами скота и повысить её эффективность.

В этой связи активно проводятся исследования по изучению влияния полиморфизма генов молочных белков и гормонов на молочную продуктивность. Среди большого числа генов, определяющих молочную продуктивность, можно выделить две группы: к первой – относятся гены белков, входящих в состав молока, таких как казеины и бета-лактоглобулин; во вторую – входят полиморфные гены гормонов, в частности, пролактина и соматотропина, которые являются пептидными гормонами гипофиза (таблица 1).

Таблица 1 – Спектр потенциальных ДНК-маркеров молочной продуктивности крупного рогатого скота

Маркер	Белок/гормон	Признак, на который влияет маркер
CSN3	Каппа-казеин	Сыродельные свойства, содержание жира и белка в молоке
BLG	Бета-лактоглобулин	Удой, содержание жира и сыропригодность молока
PRL	Ген пролактина	Удой, синтез основных компонентов молока
GH	Ген соматотропина	Рост, развитие, течение лактации, состав молока
LEP	Ген лептина	Удой, состав молока, продуктивное долголетие

Среди множества генов, обуславливающих молочную продуктивность и качество молока, можно выделить группу мажорных генов, вносящих наибольший вклад в формирование и функционирование данного количественного признака. К ним в первую очередь относится ген каппа-казеина (CSN3) – один из немногих известных генов, однозначно связанный с признаками белкомолочности и технологическими свойствами молока.

В-аллель гена каппа-казеина ассоциирован с более высоким содержанием белка в молоке, более высоким выходом творога и сыра, а также лучшими коагуляционными свойствами молока. Тестирование молочных коров на содержание в геноме А- и В-аллелей CSN3 представляет практический интерес не только с точки зрения технологических свойств молока, но и для проведения направленной селекционной работы [1].

Среди генетических маркеров, связанных с уровнем молочной продуктивности и технологическими свойствами молока, достаточно широко используется ген сывороточного белка молока – бета-лактоглобулин (BLG), характеризующийся наличием генетически обусловленных полиморфных вариантов, то есть генетическим полиморфизмом.

В отношении гена бета-лактоглобулина многими учеными установлено его влияние на биохимические и технологические характеристики молока, однако до настоящего времени нет единого мнения, какой из аллелей, «А» или «В», наиболее предпочтителен. Ген бета-лактоглобулина ассоциирован с белково-молочностью и, соответственно, с биологической ценностью белков молока. Причем вариант LGB^B связан с высоким содержанием в молоке белковой фракции казеина и высоким процентом жира, а вариант LGB^A характеризуется высоким содержанием сывороточных белков. Есть мнение, что генотип коров по гену бета-лактоглобулина оказывает определенное влияние как на прочность казеинового сгустка, так и на продолжительность свертывания молока. Присутствие В-аллеля бета-лактоглобулина в генотипе животных значительно улучшает характеристики казеинового сгустка, что очень важно в сыроделии [2].

Достижения в сфере современной молекулярной генетики позволяют исследовать гены, коррелирующие с полезными признаками крупного рогатого скота. Среди них известна достаточно обширная группа генов, приносящих наибольший вклад в их формирование и функционирование. Это гены гормонов соматотропина (GH), пролактина (PRL) и лептина (LEP).

Гормон роста соматотропин (GH), синтезируемый в передней доле гипофиза, интересен тем многообразием функций, которые он выполняет. У жвачных животных соматотропин играет важную роль в росте и развитии животного, его размножении, а также лактации. Основным его биологический эффект заключается в регуляции постнатального развития и стимуляции метаболизма (белкового, липидного, углеводного, минерального), а также течения лактации и состава молока.

Установлено, что GH стимулирует выработку фактора, обеспечивающего нормальное функционирование клеток гранулезы, что в дальнейшем обеспечивает созревание биологически полноценной яйцеклетки [3]. Синтез GH крупного рогатого скота контролируется геном, локализованным на 19 хромосоме. Его размер составляет 1793 н.п., включает 5 экзонов и 4 интрона (А-248 н.п.; В-227 н.п.; С-227 н.п.; Д-274 н.п.) [4]. Идентифицировано несколько мутаций. Нуклеотидная замена в пятом экзоне, представляющая собой С → G трансверсию в нуклеотидной последовательности, приводящая к замене аминокислоты лейцин на валин в 127 позиции белка, способствует образованию двух аллелей: L-GH и V-GH.

Рядом ученых подтверждена связь различных полиморфных вариантов гена GH с такими полезными признаками, как рост и развитие, молочная продуктивность (удой, содержание жира, белка в молоке). Так, например, голштинские коровы с генотипом LL GH продуцировали больше молока, чем коровы с генотипом LV. В Польше у черно-пестрых коров с генотипом LL был более высокий выход молока, жира и белка по сравнению с генотипом LV. Существенных различий молочной продуктивности у голштинских коров в Венгрии с генотипами LL и LV не выявлено, но у животных с генотипом LV отмечен более высокий выход молока за 305 дней лактации [5, 6, 7].

Пролактин – один из универсальных гормонов гипофиза с точки зрения его биологической функциональности. Ему принадлежит определяющая роль в лактогенезе, где основное его действие – стимуляция развития молочных желез и лактации. Он действует на альвеолы молочных желез и отвечает за синтез основных компонентов молока, включая белки, лактозу и липиды. Пролактин участвует в каждой стадии экспрессии генов молочного белка, то есть транскрипции, стабилизации мРНК, трансляции и пост-трансляционной модификации белков.

Ген пролактина у крупного рогатого скота состоит из пяти экзонов и четырех интронов, место локализации – 23 хромосома. На основании анализа последовательности кДНК гена bPRL четырех различных

клонов было установлено семь возможных нуклеотидных замен. Одной из них является «молчащая» А–G замена в экзоне III гена, возникающая в кодоне для 103 аминокислоты и приводящая к появлению полиморфного RsaI-сайта [8, 9].

Ген пролактинового рецептора имеет 2 аллельных варианта: PRL^A и PRL^B. Установлено, что аллель PRL^B обуславливает более высокое содержание белка в молоке, лучшие коагуляционные свойства молока и больший выход сыра. По данным многих исследователей, коровы с генотипом BB по гену пролактина являются наиболее обильномолочными и жирномолочными, а также имеют самый высокий выход белка и молочного жира [10, 11, 12].

Распределение частот генотипов и аллелей по RsaI-полиморфизму гена bPRL у крупного рогатого скота изучалось многими исследователями, но зачастую они противоречивы и требуют более детального изучения. В одних исследованиях выявлено преобладание гетерозиготного генотипа AB, в других работах установлено преобладание аллеля А, в некоторых – аллеля В. Исследованиями ряда авторов отмечается, что частота аллеля А гена пролактина варьирует в широких пределах у разных пород и популяций. Акууз В. с соавторами показали довольно высокую частоту аллеля А гена пролактина PRL-RsaI у голштинской (0,8733), симментальской (0,81) и бурой швицкой (0,76) пород в Турции [13]. Alipanah M. с соавторами установили, что частота аллеля А гена пролактина у черно-пестрой породы составила 0,71, у красно-пестрой породы частота аллеля А-0,79 [14].

В настоящее время в качестве гена-маркера, ассоциированного с функциональным долголетием коров и репродуктивными качествами, активно используется аллельный полиморфизм гена лептина (LEP) [15].

Лептин – гормон, вырабатываемый адипоцитами – клетками жировой ткани, играет важную роль в метаболизме, в частности, в накоплении жира в организме. Лептин участвует в регуляции пищевого поведения, влияет на функционирование иммунной системы и репродуктивную функцию, а также на рост и конституцию животных [16].

Ген лептина расположен в 4 хромосоме крупного рогатого скота. Структура гена лептина представлена промоторной областью, 3 экзонами, 2 интронами и 3'UTR-областью. Полиморфизмы R25C и Y7F встречаются во втором, а A80V – в третьем экзоне LEP-гена [17].

Структурно лептин представляет собой протеин, состоящий из 167 аминокислот и включающий 21 аминокислотную сигнальную последовательность. В литературе описано около 60 SNP полиморфизмов гена лептина. Лептин интересен для селекции тем, что во многом определяет молочную продуктивность скота, содержание компонентов в молоке (белка и жира), и, что не менее важно, он связан с продуктивным долголетием сельскохозяйственных животных [18].

В результате исследований полиморфизмов Arg4Cys и Ala59Val гена лептина у 187 черно-пестрых голштинизированных быков в Польше были получены следующие частоты аллелей: 0,55 (С) и 0,45 (Т) для Arg4Cys и 0,73 (С) и 0,27 (Т) для Ala59Val [19, 20].

Установлено, что от LEP – генотипа зависит продолжительность функционального использования коров. Так, коровы с генотипом CC (SNP R25C гена лептина) имеют в 3,14 раза больший риск выбраковки, чем животные с гетерозиготными генотипами RC, а коровы с генотипом FF (SNP Y7F гена лептина) в 3,64 раза более высокий риск выбраковки, чем коровы с генотипом YY. Многие авторы отмечают, что полиморфизм локуса R25C ассоциирован с содержанием жира и белка в молоке, лёгкостью отёлов и продолжительностью стельности, а локуса A80V – с продолжительностью хозяйственного использования и уровнем рентабельности [21].

Изучение полиморфизма генов молочных белков и гормонов и их взаимосвязи с показателями молочной продуктивности является перспективным направлением научных исследований. Можно с уверенностью констатировать, что ведение селекционной работы с учетом генотипирования по аллельным вариантам генов-маркеров позволит расширить научные познания о генетическом потенциале животных и будет способствовать раскрытию механизмов формирования признаков молочной продуктивности.

Библиографический список

1. Сычева, О.В. Повышение молочной продуктивности и качества молока под контролем генетических маркеров / О.В. Сычева, Л.В. Кононова // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: II междунар. науч.-практ. интернет-конф. / ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия». – 2017. – С. 1422-1424.
2. Ахметов, Т.М. Полиморфизм гена бета-лактоглобулина в стадах крупного рогатого скота / Т.М. Ахметов, С.В. Тюлькин, О.Г. Зарипов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2010. – Т. 202. – С. 36-41.
3. Лебедева, И.Ю. Влияние пролактина и соматотропина, опосредованное клетками гранулезы коров, на культивируемые клетки кумулюса / И.Ю. Лебедева, Т.В. Кибардина, Т.И. Кузьмина // Сб. науч. тр. – СПб., 2006. – С. 205-211.
4. Gordon, D.F. Nucleotide sequence of the bovine growth hormone chromosomal gene / D.F. Gordon, D.P. Quick, C.P. Ewin // Molecular and cellular endocrinology. – 2007. – V. 33. – P. 85-95.
5. Хатами, С.Р. ДНК-полиморфизм генов гормона роста и пролактина у ярославского и чернопестрого скота в связи с молочной продуктивностью / С.Р. Хатами, О.Е. Лазебный, В.Ф. Максименко, Г.Е. Сулимова // Генетика. – 2005. – Т. 41. – № 2. – С. 229-236.
6. Лазебный, И.В. Полиморфизм генов гормона роста, пролактина и изучение его связи с процентным содержанием жиров в молоке коров костромской породы / И.В. Лазебный, О.Е. Лазебный, М.Н. Рузина, Г.А. Базин, Сулимова Г.Е. // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 4. – С. 46-51.
7. Dybus, A. Associations between Lea / Val polymorphism of growth hormone gene and milk production traits in Black – and White cattle / A. Dybus // Azch. Tierz. Dummerstorf. – 2002. – Vol. 45, № 5. – P. 421-428.
8. Dong, C.H. New insights into the prolactin-RsaI (PRL-RsaI) locus in Chinese Holstein cows and its effect on milk performance traits / C.H. Dong, X.M. Song, L. Zhang, J.F. Jiang, J.P. Zhou and Y.Q. Jiang // Genet. Mol. Res. – 2013. – V. 12. – № 4. – P. 5766-5773.
9. Lazebnaya, I.V. Use of the Bovine Prolactin Gene (bPRL) for estimating genetic variation and milk production in aboriginal Russian breeds of Bos Taurus / I.V. Lazebnaya, O.E. Lazebny, S.R. Khatami, G.E. Sulimova // Prolactin, Edited by Gyorgy M. Nagy and Bela E. Toth. Rijeka: INTECH. – 2013. – P. 35-52.
10. Багаль, И.Е. Генотипирование холмогорского и голштинского скота по генам пролактина и соматотропина / И.Е. Багаль, И.Ю. Павлова, Я.А. Хабибрахманова, Л.А. Калашникова, В.Л. Ялуга // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. – № 5. – С. 11-13.
11. Лазебная, И.В. Полиморфизм генов гормона роста bGH и пролактина bPRL и изучение его связи с процентным содержанием жира в молоке у коров костромской породы / И.В. Лазебная, О.Е. Лазебный, М.Н. Рузина, Г.А. Базин, Г.Е. Сулимова // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 4. – С. 46-51.
12. Перчун, А.В. Полиморфизм генов CSN3, bPRL и bGH у коров костромской породы в связи с показателями молочной продуктивности / А.В. Перчун, И.В. Лазебная, С.Г. Белокуров [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 11. – С. 304-308.
13. Akyiiz, B. Allelic Frequency of Kappa-Casein, Growth Hormone and Prolactin Gene in Holstein, Brown Swiss and Simmental Cattle Breeds in Turkey / B. Akyiiz, K. Arslan, D. Bayram // Kafkas Univ Vet Fak Derg. – 2013. – V. 19 (3). – P. 439-444.
14. Alipanah, M. Association of prolactin gene variants with milk production traits in Russian Red Pied cattle / M. Alipanah, L. Kalashnikova, G. Rodionov // Iranian J. Biotechnol. – 2007. – V. 5 (3): 158-161.
15. Ковалюк, Н.В. Выявление полиморфизма в гене лептина крупного рогатого скота / Н.В. Ковалюк, Ф. Дениз // Сборник научных трудов / Северо-Кавказский научно-исследовательский институт животноводства. – 2014. – Т. 2. – № 3. – С. 30-35.
16. Yoon, D.H. Highly polymorphic bovine leptin gene / D.H. Yoon, B.H. Cho, Park [et al.] // J. Anim. Sci. – 2005. – V. 18. – № 11. – P. 1548-1551.
17. Giblin, L. All Association of bovine leptin polymorphisms with energy output and energy storage traits in progeny tested Holstein-Friesian dairy cattle sires / L. Giblin, S. Butler, B. Kearney, S. Waters [et al.] // BMC Genetics. – 2010. – № 11:73.
18. Szyda, J. Evaluation markers in selected genes for association with functional longevity of dairy cattle / J. Szyda, M. Morek-Kopec, J. Komisarek, A. Zarnecki // BMC Genetics. – 2011. – 12:30.

19. Komisarek, J. Impact of leptin gene polymorphisms on breeding value for milk production traits in cattle / J. Komisarek, J. Szyda, A. Michalak, Z. Dorynek // J. Anim. Feed Sci. – 2005. – № 14. – P. 491-500.
20. Komisarek, J. Impact of LEP and LEPR gene polymorphisms on functional traits in Polish Holstein-Friesian cattle / J. Komisarek // Animal Science Papers and Reports. – 2010. – V. 10. – P. 133-141.
21. Szyda, J. Statistical Modeling of Candidate Gene Effects on Milk Production Traits in Dairy Cattle / J. Szyda, J. Komisarek // J. Dairy Sci. – 2007. – № 90. – P. 2971-2979.