

Ульянов В.А., PhD, **основной автор**, <https://orcid.org/0000-0002-7500-1601>
НАО «Западно–Казахстанский аграрно–технический университет им. Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана 51, 090009, Казахстан, vadimkst@mail.ru
Гинаятов Н.С., PhD, <https://orcid.org/0000-0002-9608-002X>
НАО «Западно–Казахстанский аграрно–технический университет имени Жангир хана», г. Уральск, ул. Жангир хана, 51, 090009, Казахстан, nginayatov@mail.ru
Байменов Б.М., магистр ветеринарных наук, <https://orcid.org/0000-0001-9063-7651>
НАО «Костанайский региональный университет имени А. Байтурсынова», г. Костанай, ул. А.Байтурсынова 47, 110000, Казахстан, bahytbajmenov@gmail.com
Мәлікзада Қ.М., магистрант, <https://orcid.org/0000-0002-8689-3342>
НАО «Костанайский региональный университет имени А. Байтурсынова», г. Костанай, ул. А.Байтурсынова 47, 110000, Казахстан, Kalamkas.malikzada@mail.ru
Мендыбаева А.Б., докторант, <https://orcid.org/0000-0001-5973-2677>
НАО «Костанайский региональный университет имени А. Байтурсынова», 110000, Республика Казахстан, г. Костанай, ул. А. Байтурсынова 47, aigerim.mendybayeva@gmail.com

Ulyanov V.A., PhD, **main author**, <https://orcid.org/0000-0002-7500-1601>
NCJSC «Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University», Uralsk, Zhangir Khan street, 51, 090009, Kazakhstan, vadimkst@mail.ru
Ginayatov N.S., PhD, <https://orcid.org/0000-0002-9608-002X>
NCJSC «Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University», Uralsk, Zhangir Khan street, 51, 090009, Kazakhstan, nginayatov@mail.ru
Baimenov B.M., master of veterinary sciences, <https://orcid.org/0000-0001-9063-7651>
NJSC "Kostanay Regional University named after A. Baitursynov", Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000, Kazakhstan, bahytbajmenov@gmail.com
Malikzada K.M., graduate student, <https://orcid.org/0000-0002-8689-3342>
NJSC "Kostanay Regional University named after A. Baitursynov", Kostanay, st. A. Baitursynov 47, 110000, Kazakhstan, Kalamkas.malikzada@mail.ru
Mendybayeva A.B., doctoral student, <https://orcid.org/0000-0001-5973-2677>
NJSC "A. Baitursynov Kostanay Regional University", 110000, Republic of Kazakhstan, Kostanay, Baitursynov street 47, aigerim.mendybayeva@gmail.com

**ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЕ И НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫЕ ГЕНОТИПЫ ГЕНОВ
GH, *IGF-1*, *MBL1* И *LTF* СРЕДИ ПОГОЛОВЬЯ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ ПО
ПРИЗНАКАМ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА МОЛОКА
PREFERRED AND UNDESIRABLE GENOTYPES OF *GH*, *IGF-1*,
MBL1 AND *LTF* GENES IN BLACK-AND-WHITE BREED FOR MILK PRODUCTIVITY AND
MILK QUALITY TRAITS**

Аннотация

Большую роль в наращивании производительности молочной отрасли играют не только технологии разведения и селекции крупного рогатого скота, но и применение современных методов молекулярно-генетического тестирования на наличие однонуклеотидных замен (SNP) в генах, оказывающих влияние на изучаемые признаки. К таким генам относится ген лектина, связывающего маннозу. Маннозосвязывающий лектин является важным компонентом врожденного иммунитета, участвуя в процессах опсонизации, активации комплемента и нейтрализации чужеродного агента. Ген лактоферрина, кодирующий многофункциональный металлосвязывающий белок, обладающий бактериостатической и бактерицидной функцией. Гены соматотропинового гормонального комплекса (гены гормона роста и инсулиноподобного фактора роста) играющие ключевую роль в развитии организма и метаболизме, от которого зависит качественный состав молока. Целью данного исследования явилось установление предпочтительных и нежелательных генотипов указанных генов, ассоциированных с показателями молочной продуктивности и качества молока среди поголовья черно-пестрой породы. Изучение, выявление и привлечение в селекционные программы по повышению молочной продуктивности и

качества молока генетических маркеров может сделать значительный вклад в развитие отечественной селекции и ветеринарии.

ANNOTATION

In addition to cattle breeding and selection technologies, the use of modern molecular genetic techniques to test for the presence of single nucleotide *polymorphisms* (SNPs) in genes that affect the traits being studied is playing a major role in increasing productivity in the dairy industry. One such gene is the mannose-binding lectin gene. Mannose-binding lectin is an important component of innate immunity involved in the processes of opsonization, complement activation, and neutralization of a foreign agent. The lactoferrin gene encodes a multifunctional metal-binding protein with bacteriostatic and bactericidal functions. The genes of the somatotropin hormone complex (the growth hormone and insulin-like growth factor genes) play a key role in body development and metabolism, on which the qualitative composition of milk depends. The aim of this study was to determine the preferred and undesirable genotypes of these genes in relation to indicators of milk productivity and milk quality in the black-and-white breed. The analysis, identification, and incorporation of genetic markers in breeding programs to improve milk productivity and milk quality can make a significant contribution to the development of domestic breeding and veterinary science.

Ключевые слова: черно-пестрая порода, ген гормона роста, ген инсулиноподобного фактора роста-1, ген лектина, связывающего маннозу, ген лактоферрина, молочная продуктивность

Key words: black-and-white breed, growth hormone gene, insulin-like growth factor-1 gene, mannose-binding lectin gene, lactoferrin gene, milk production

Введение. В настоящее время одной из главных отраслей экономики Казахстана является животноводство, немаловажная роль из которого отведена молочному скотоводству. Современное молочное скотоводство сможет быть рентабельным, конкурентоспособным и обеспечить продовольственную независимость страны только лишь при условии - высокой продуктивности стада [1].

В Северном Казахстане совершенствование породы в направлении улучшения молочной продуктивности и технологичности является в настоящее время актуальным вопросом. Необходимость этой работы определяется задачей, поставленной перед селекционерами – создать молочный тип скота, способный конкурировать с другими ведущими молочными породами мира [2, 3].

Неотъемлемым элементом управления процессом совершенствования стад по племенным и продуктивным качествам в ряде предприятий является создание и поддержание определенной линейной структуры. В этой связи, аллелофонд животных по ДНК-маркерам следует рассматривать не только в масштабах стада в целом, но и в аспекте отдельных генеалогических линий. Такой подход обеспечит возможность проведения отбора животных с учетом генотипа по ДНК-маркерам при сохранении заданной линейной структуры стада. Исходя из вышеизложенного, актуальным является изучение генотипов генов гормона роста, инсулиноподобного фактора роста-1, лектина, связывающего маннозу и лактоферрина в связи с уровнем молочной продуктивности коров и качеством молока.

Целью настоящей работы явилось установление предпочтительных и нежелательных генотипов AluI-полиморфизма гена гормона роста, SnaBI-полиморфизма гена инсулиноподобного фактора роста-1, HaeIII-полиморфизма гена лектина, связывающего маннозу и EcoRI-полиморфизма гена лактоферрина ассоциированных с показателями молочной продуктивности и качества молока среди поголовья черно-пестрой породы.

Материалы и методы исследования. Все процедуры, выполненные в настоящем исследовании, были в соответствии с этическими стандартами. Исследовательская работа была одобрена Научно-исследовательским институтом прикладной биотехнологии Костанайского государственного университета им. А. Байтурсьнова.

Научные исследования проводились в АО «Заря» (Костанайская область). Работа была выполнена в период с 2018 по 2021 годы в специализированных лабораториях Костанайского регионального университета имени А. Байтурсьнова (лаборатория по анализу качества кормов и животноводческой продукции; лаборатория молекулярно-генетических исследований Научно-

исследовательского института прикладной биотехнологии). Для проведения исследования была отобрана 181 голова крупного рогатого скота черно-пестрой породы.

Отбор проб молока проводили согласно ГОСТ 13928-84 «Молоко и сливки заготавливаемые. Правила приемки, методы отбора проб и подготовка их к анализу», использовалось устройство зоотехнического контроля молока (ММ-04Б). Данные об уровне молочной продуктивности коров были получены на фермах с помощью индивидуальных счетчиков молока.

Для проведения молекулярно-генетических исследований отбирались волосяные луковицы в количестве 20-30 луковиц из хвоста животного.

Качественный состав молока определяли на анализаторах MilkoScan и EcoMilk. Для подсчета количества соматических клеток использовали прибор «Соматос-Мини», водный раствор препарата «Мастоприм» (ГОСТ 23455–79, ГОСТ 23453-2014) готовили в расчете 35 г препарата на 100 мл дистиллированной воды.

Для изучения полиморфизмов генов использовали метод полимеразной цепной реакции с дальнейшей обработкой ферментом рестрикции (таблица 1).

Таблица 1 – Параметры ПЦР-ПДРФ

| Ген | Последовательность праймеров | Размер ПЦР-продукта, п.н. | Рестрик таза | Размер рестрикционных фрагментов, п.н. | Ссылка на первоисточник |
|-------|---|---------------------------|--------------|--|-------------------------|
| GH | F: 5'-ccgtgtctatgagaagc-3'; R: 5'-gttcttgagcagcgcg-3' | 428 | AluI | 265, 147, 96, 51 | [4] |
| IGF-1 | F: 5'-attacaaagctgcctgcccc-3'; R: 5'- accttaccggtatgaaaggaatatacgt-3' | 249 | SnaBI | 249, 223, 26 | [5] |
| MBL1 | F: 5'-gtgggtggcaaatgttgctaaac-3'; R: 5'-tggctctcccttttctccctt-3' | 255 | HaeIII | 255, 178, 77 | [6] |
| LTF | F: 5'-gcctcatgacaactcccacac-3'; R: 5'-caggttgacacatcggttgac-3' | 301 | EcoRI | 301, 201, 100 | [7] |

При проведении ПЦР были использованы следующие температуры отжига праймеров (40 циклов): *GH* - 60 °C, *IGF-1* - 62 °C; (35 циклов): *MBL1* – 63 °C, *LTF* – 59 °C. Рестрикции полученных амплификатов проводили с использованием рестриктаз указанных в таблице 1 («ThermoScientific», США). После инкубирования полученные фрагменты разделяли в 3 % агарозном геле («Invitrogen», США).

Работу по изучению молочной продуктивности коров проводили по данным зоотехнического и племенного учета. Молочная продуктивность была изучена по следующим показателям: удой за 305 дней лактации, массовая доля жира (%), массовая доля белка (%). Полученные материалы статистически обрабатывали с расчетом средней арифметической (*M*) и ошибки средней арифметической (*m*) в программном приложении «Microsoft Excel». Уровень достоверности полученных результатов определяли методом однофакторного дисперсионного анализа с использованием программы «Statistica».

Результаты и обсуждения. Проведенные исследования по полиморфизму гена гормона роста у крупного рогатого скота черно-пестрой породы, выявили следующее: 96 голов имели генотип *GH-AluI^{LL}* (53 %), 62 головы – генотип *GH-AluI^{LV}* (34 %) и только 23 головы - генотип *GH-AluI^{VV}* (13 %). Частота аллеля *GH-AluI^L* в среднем в популяции достигла 0,7; частота аллеля *GH-AluI^V* – 0,3.

По полиморфизму гена инсулиноподобного фактора роста-1 распределение генотипов было следующим: 45 голов (25 %) имели генотип *IGF-1-SnaBI^{AA}*, 92 головы (51 %) – генотип *IGF-1-SnaBI^{AB}* и 44 головы (24 %) – генотип *IGF-1-SnaBI^{BB}*. Частота аллеля *IGF-1-SnaBI^A* достигла 0,503; частота аллеля *IGF-1-SnaBI^B* – 0,497.

Для полиморфизма лектина, связывающего маннозу получены следующие данные: 37 голов (20%) с генотипом *MBL1-HaeIII^{TT}*, 93 головы (52%) - *MBL1-HaeIII^{TC}*, 51 голова (28%) - *MBL1-HaeIII^{CC}*. Частота аллеля T составила 0,461, аллеля C – 0,539.

Молекулярно-генетический анализ полиморфизма гена лактоферрина выявил: 119 голов (66%) с генотипом *LTF-EcoRI^{AA}* и 62 головы (34%) с генотипом *LTF-EcoRI^{AB}*. Животных с генотипом «BB» выявлено не было. Частота аллеля А составила 0,829, аллеля В – 0,171.

Исследование генов-кандидатов, потенциально вовлеченных в физиологический процесс (например, рост, лактация), в большинстве работ предполагает определение их предпочтительных и нежелательных генотипов.

Нами была произведена оценка показателей качества молочной продуктивности и качества молока для всего отобранного поголовья за последнюю законченную лактацию (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели качества молока коров черно-пестрой породы, разводимых на территории Костанайской области

| Показатель | Значение показателя | |
|--|-----------------------|---------------------|
| | ($\bar{X} \pm m_x$) | Согласно стандарта* |
| Массовая доля жира, % | 3,85±0,04 | ≥ 2,8 |
| Массовая доля белка, % | 3,05±0,01 | ≥ 2,8 |
| Средний удой за 305 дней лактации, кг | 3 108,1±60,0 | ≥ 2 500 |
| Содержание соматических клеток, тыс. в 1 см ³ | 406,38±15,28 | ≤ 750 |
| * – Составлено по источникам [8-10] | | |

В результате нашего исследования было установлено, что все выбранные образцы молока соответствуют нормам качества, установленным соответствующими ГОСТами [8, 9]. Согласно стандартам для коров черно-пестрой породы, удой за 305 дней первой лактации должен составлять 2 500 кг, для второй лактации – 3 050 кг, а для третьей и последующих лактаций – 3 400 кг [10].

Результаты измерения качественных и количественных показателей молока в соответствии с выявленным генотипом, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели продуктивности и качества молока, в зависимости от генотипа ($\bar{X} \pm m_x$)

| Генотип | n | Удой за 305 дней лактации, кг | Содержание жира в молоке, % | Содержание белка в молоке, % |
|---|-----|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| <i>MBL1-NaeIII^{TT}</i> | 37 | 3068,1±83,3 | 3,97±0,08 | 3,06±0,02 |
| <i>MBL1-NaeIII^{TC}</i> | 93 | 3248,0±94,8 | 3,83±0,05 | 3,04±0,02 |
| <i>MBL1-NaeIII^{CC}</i> | 51 | 2882,1±102,3 | 3,82±0,07 | 3,06±0,02 |
| <i>LTF-EcoRI^{AA}</i> | 119 | 3097,5±77,3 | 3,78±0,04 | 3,04±0,01 |
| <i>LTF-EcoRI^{AB}</i> | 62 | 3128,5±94,1 | 4,00±0,07 | 3,07±0,02 |
| <i>LTF-EcoRI^{BB}</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>GH-AluI^{LL}</i> | 96 | 2970,2±86,7* | 3,89±0,05 | 3,06±0,02 |
| <i>GH-AluI^{LV}</i> | 62 | 3167,9±102,3* | 3,81±0,06 | 3,05±0,02 |
| <i>GH-AluI^{VV}</i> | 23 | 3522,6±80,9* | 3,83±0,07 | 3,01±0,03 |
| <i>IGF-1-SnaBI^{AA}</i> | 45 | 3005,0±123,7 | 3,78±0,07 | 3,08±0,02 |
| <i>IGF-1-SnaBI^{AB}</i> | 92 | 3125,9±75,5 | 3,87±0,05 | 3,04±0,02 |
| <i>IGF-1-SnaBI^{BB}</i> | 44 | 3176,4±142,9 | 3,91±0,08 | 3,03±0,02 |
| * – уровень значимости Р для оценки статистической достоверности различия между животными с разными генотипами ≤ 0,05 | | | | |
| Примечание – n – количество животных | | | | |

Согласно данным, представленным в таблице 3, максимальный удой среди групп, разделенных по полиморфизму *MBL1-NaeIII* был равен 3 248 кг (*MBL1-NaeIII^{TC}*). Данное значение превышает средний показатель по общей выборке животных (3 108,1 кг). Минимальный показатель удоя за 305 дней лактации был в группе животных с генотипом *MBL1-NaeIII^{CC}* - 2 882,1 кг молока. Содержание жира в молоке не имело столь значимых отличий между группами животных, в группе *MBL1-NaeIII^{TT}* показатель составил 3,97%, что немного превышает содержание жира в молоке в двух других выборках (3,83 и 3,82). Различия в содержании белка в молоке между группами животных еще менее значительны и соответствуют среднему показателю по общей выборке коров черно-пестрой породы.

Литературные данные противоречивы и их объема недостаточно для полного сравнения с полученными нами результатами. Так в работе Абдуллиной Л.В. группа животных с генотипом *MBL1-NaeIII^{TC}* имели больший уровень удоя по сравнению с остальными группами, содержание жира было максимальным в группе животных с генотипом *CC* [11]. Согласно исследованию, проведенному на белорусской популяции черно-пестрых коров, животные с генотипом *MBL1-NaeIII^{CC}* имеют наилучшие показатели продуктивности и самый низкий уровень соматических клеток [12].

По полиморфизму *LTF-EcoRI* значимых отличий по исследуемым характеристикам молочной продуктивности выявлено не было, можно только отметить содержание жира в молоке у группы животных с генотипом *LTF-EcoRI^{AB}* (4,0%).

Имеется лишь несколько работ, в которых исследовалась ассоциация полиморфизма *LTF-EcoRI* с продуктивными качествами молока. Согласно исследованиям, проведенным Пестис В.К. более выгодными показателями удоя и низким содержанием соматических клеток, отличались животные с генотипом *AA* [12]. Похожие результаты были получены группой колумбийских ученых [13]. В работе Шамсиевой Л.В. показатели обратные, больший уровень удоя и содержания жира был в группе животных с гетерозиготным генотипом [14]. Аналогичные выводы были получены в результате генотипирования 800 голов КРС голштинской породы, так, удой за 305 дней лактации среди животных с гетерозиготным генотипом на 2 335.3 кг превышал данный показатель среди животных с гомозиготным генотипом, что является значительной разницей [15]. Стоит отметить, что ни в одной из отмеченных выше работ не был выявлен генотип *LTF-EcoRI^{BB}*.

При изучении ассоциации полиморфизма *GH-AluI* с показателями качества молока и молочной продуктивности были выявлены статистически достоверные различия между группами животных. Так, максимальный показатель удоя был среди животных с генотипом *GH-AluI^{VV}* – 3 522,6 кг, что значительно превышает аналогичный показатель в других группах (на 552,4 и 354,7 кг в группах с генотипом *GH-AluI^{LL}* и *GH-AluI^{LV}* соответственно). Можно сделать вывод, что генотип *GH-AluI^{VV}* достоверно оказывает повышающее влияние на удой за 305 дней лактации среди изученной популяции черно-пестрых коров.

Изучение ассоциации полиморфизма *GH-AluI* с молочной продуктивностью в мировой практике в основном проводилось на популяциях голштинских коров, при этом частота гомозиготного генотипа *GH-AluI^{VV}* была слишком низкой, либо не находилась вовсе, что не позволяла использовать его для статистической обработки. В большинстве работ было обнаружено повышающее влияние аллеля *L* на уровень удоя у молочного скота голштинской породы [16-19].

По полиморфизму *IGF-1-SnaBI* показатель удоя за 305 суток лактации не имеет значимых отличий между группами с разными генотипами. Имеются небольшие изменения в содержании жира и белка в молоке, наибольшее содержание жира в молоке, наблюдается в группе животных с генотипом *IGF-1-SnaBI^{BB}* (3,91%), а наибольшее содержание белка в группе *IGF-1-SnaBI^{AA}* – 3,08%. Наши выводы согласуются с работами польских исследователей, которые проводили анализ на голштино-фризском скоте [20, 21]. В работе Siadkowska E. (2006) представлены данные о положительном влиянии гетерозиготного генотипа на содержание жира и белка в молоке [5]. Аналогичный результат получен при исследовании популяции иранских коров голштинской породы, где генотип *IGF-1-SnaBI^{AB}* связан с повышенным содержанием жира и белка в молоке [22].

Следующим этапом нашей работы является сравнение содержания соматических клеток в молоке в пределах выявленных генотипов.

Содержание соматических клеток до недавнего времени, было определяющим параметром для разделения молока на сорта: при содержании ниже 250 тыс. в 1 см³ молоко относили к высшему сорту, 250-400 тыс. в 1 см³ – первый сорт, 400-750 тыс. в 1 см³ – второй сорт [23]. Однако с вхождением Казахстана в таможенный союз и принятием соответствующего технического регламента (2014) требования к сортности исчезли, а допустимым уровнем содержания соматических клеток в сыром молоке стало значение не более 787,5 тыс. в 1 см³, хотя даже при значении этого показателя свыше 500 тыс. в 1 см³ в сборном молоке присутствует как минимум 6% маститного молока [24, 25].

В нашей работе средний показатель содержания соматических клеток находился в допустимых пределах и был равен 406,38±15,28 тыс. в 1 см³ (таблица 2).

Таблица 4 – Содержание соматических клеток в 1 см³ молока относительно выявленных генотипов

| Генотип | количество животных | содержание соматических клеток в 1 см ³ , X± m _x |
|---|---------------------|--|
| <i>MBL1</i> -HaeIII ^{TT} | 37 | 420,98±36,3* |
| <i>MBL1</i> -HaeIII ^{TC} | 93 | 369,56±16,1* |
| <i>MBL1</i> -HaeIII ^{CC} | 51 | 462,94±29,1* |
| <i>LTF</i> -EcoRI ^{AA} | 119 | 416,47±16,5* |
| <i>LTF</i> -EcoRI ^{AB} | 62 | 387,02±26,0* |
| <i>LTF</i> -EcoRI ^{BB} | 0 | 0 |
| <i>GH</i> -AluI ^{LL} | 96 | 418,64±19,9 |
| <i>GH</i> -AluI ^{LV} | 62 | 405,75±21,9 |
| <i>GH</i> -AluI ^{VV} | 23 | 356,93±41,8 |
| <i>IGF-1</i> -SnaBI ^{AA} | 45 | 398,93±24,0 |
| <i>IGF-1</i> -SnaBI ^{AB} | 92 | 381,90±18,7 |
| <i>IGF-1</i> -SnaBI ^{BB} | 44 | 465,19±33,6 |
| * – уровень значимости Р для оценки статистической достоверности различия между животных с разными генотипами ≤0,05 | | |

Согласно таблице 4 достоверная разница была найдена между группами с разным генотипом по полиморфизмам HaeIII гена манноза-связывающего лектина и EcoRI гена лактоферрина.

В результате распределения показателей по выявленным генотипам обнаружено: по полиморфизму HaeIII гена манноза-связывающего лектина минимальный уровень соматических клеток был среди животных обладающих гетерозиготным генотипом (369,56 тыс. в 1 см³ молока);

по полиморфизму EcoRI гена лактоферрина наименьшее количество соматических клеток было также у гетерозиготной группы животных - 387,02 тыс.;

в группах, разделенных по полиморфизму AluI гена гормона роста низший показатель был в группе с генотипом *GH*-AluI^{VV} и составил 356,93 тыс.;

среди животных, разделенных по полиморфизму *IGF-1*-SnaBI меньшим значением выделяется гетерозиготный генотип, в котором средний показатель содержания соматических клеток составил 381,90 тыс. в 1 см³ молока (таблица 4).

Таким образом, нами было изучено распределение содержания соматических клеток по группам животных, разделенных по генотипам между отдельными полиморфизмами, также вычислено стандартное отклонение от показателя (X± m_x), выделены генотипы, достоверно оказывающие понижающий и повышающий эффекты.

Повышение уровня соматических клеток в молоке может свидетельствовать о наличии воспалительного процесса в вымени коровы.

Повышенный уровень соматических клеток в молоке может привести к ухудшению качества молока и его устойчивости к переработке. Повышенный уровень соматических клеток в молоке может быть признаком проблемы в вымени коровы и требует дополнительных мер по диагностике и лечению, а также улучшения условий содержания животных.

В связи с этим использование методов маркерной селекции, наряду с другими, способно снизить общий уровень соматических клеток молока в популяции коров и повлиять на оздоровление стада от воспалительных заболеваний вымени.

Заключение. Нами было проведено генотипирование 181 головы Костанайской популяции коров черно-пестрой породы по генам соматотропического комплекса (ген гормона роста, инсулиноподобного фактора роста-1), лактоферрина и лектина, связывающего маннозу. Среди выявленных генотипов был проведен ассоциативный анализ с признаками молочной продуктивности и качества молока, выявлены предпочтительные (*MBL1*-HaeIII^{TC}, *LTF*-EcoRI^{AB}, *GH*-AluI^{VV}) и нежелательные (*MBL1*-HaeIII^{CC}, *LTF*-EcoRI^{AA}, *GH*-AluI^{LL}) генотипы.

Таким образом, результаты исследования позволяют оптимизировать процесс селекции животных и улучшить производительность коров черно-пестрой породы за счет использования предпочтительных генотипов. Использование аллельных вариантов изученных генов позволяет проводить селекцию непосредственно на уровне ДНК в качестве дополнительного критерия отбора животных. Преимущественное использование быков-производителей, несущих

предпочтительные генотипы в своем геноме, будет способствовать повышению показателей молочной продуктивности коров черно-пестрой породы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бакай, А.В. Изменчивость молочной продуктивности у коров разных генотипов [Текст] / А.В.Бакай, А.М. Мухтаров, Г.В. Мкртчян // Зоотехния. – 2013. - №12. – С. 6-8.
- 2 Babich, E.A. The efficiency of dairy herds created based on first-calf heifers of "Karatomar" black-and-white interbreed cattle on northern Kazakhstan [Text] / E.A.Babich, A.B.Nugmanov, L.Y. Ovchinnikova [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – V.7 (4). – P. 2376-2381.
- 3 Katmakov, P.S. The realization of black-and-white cattle's productive potential [Текст] / P.S.Katmakov, V.P.Gavrilenko, A.V. Bushov, [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. - 2018. – V. 9(3). - P. 476-480.
- 4 Skinkytė, R. Distribution of allele frequencies important to milk production traits in lithuanian black & white and lithuanian red cattle [Text] / R.Skinkytė, L.Zwierzchowski, L. Riaubaitė [et al.] // Veterinarija ir zootechnika. – 2005. - V. 31(53). – P. 93-97.
- 5 Siadkowska, E. Effect of polymorphism in IGF-1 gene on production traits in Polish Holstein-Friesian cattle [Text] / E.Siadkowska, L.Zwierzchowski, J. Oprządek [et al.] // Animal Science Papers and Reports. - 2006. - V. 24. – P. 225-237.
- 6 Yuan, Z. NPs identification and its correlation analysis with milk somatic cell score in bovine MBL1 gene [Text] / Z.Yuan, J. Li [et al.] // Mol. Biol. Rep. – 2013. – V. 40(1). – P. 7-12.
- 7 Seyfert, H.M. Characterization of a first bovine lactoferrin gene variant, based on an EcoRI polymorphism [Text] / H.M.Seyfert, C. Kühn // Animal Genetics. – 1994. – V. 25(1). – P. 54.
- 8 ГОСТ 31449-2013. Молоко коровье сырое. Технические условия [Текст]. – Введ. 2014-07-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 8 с.
- 9 ГОСТ 32255-2013. Молоко и молочная продукция. Инструментальный экспресс-метод определения физико-химических показателей идентификации с применением инфракрасного анализатора [Текст]. – Введ. 2015-07-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 16 с.
- 10 Инструкция по бонитировке (оценке) племенной ценности и воспроизводству крупного рогатого скота молочного и молочно-мясного направления: приложение 16 к приказу Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 10 октября 2014 года №3-3/517 [Электронный ресурс] // https://adilet.zan.kz/rus/docs/V14F0009818_10.12.2021.
- 11 Абдуллина, Л.В. Ген манноза-связывающего лектина (MBL), и влияние его полиморфизма на устойчивость коров к маститу [Текст] / Л.В.Абдуллина, Г.Р. Юсупова // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана– 2019. – Т. 238(II). – С. 4-9.
- 12 Пестис, В.К. Применение ДНК-тестирования крупного рогатого скота по генам LTF и MBL1 для повышения эффективности производства молока [Текст] / В.К.Пестис, В.В.Пешко, О.А. Епишко [и др.] // Докл. нац. акад. наук Беларуси. – 2022. – Т. 66. – С. 122-128.
- 13 Rodriguez, N. Association of the intron 6 polymorphism of the bovine lactoferrin gene with characteristics important for the dairy industry [Text] / N. Rodriguez, A. Lopez-Herrera, J. Zuluaga // Revista Lasallista de Investigación. – 2013 – V. 10. – P. 9-16.
- 14 Шамсиева, Л.В. Физико-химические показатели молока при субклиническом мастите коров [Текст] / Л.В. Шамсиева // Ученые записки КГАВМ им. Баумана, Н.Э.. – 2017. – №4. – С. 159-162.
- 15 El-Domany, W.B. Genetic Polymorphisms in LTF/EcoRI and TLR4/AluI loci as candidates for milk and reproductive performance assessment in Holstein cattle [Text] / W.B. El-Domany, H.A. Radwan, A.I. Ateya [et al.] // Reprod. Domest. Anim. – 2019. – V. 54(4). – P. 678-686.
- 16 Lucy, M.C. Variants of somatotropin in cattle: Gene frequencies in major dairy breeds and associated milk production [Text] / M.C.Lucy, S.D.Hauser, P.J. Eppard [et al.] // Domest. Anim. Endocrinol. – 1993. – V. 10. – P. 325-333.
- 17 Shariflou, M.R. Association of the Leu127 variant of the bovine growth hormone (bGH) gene with increased yield of milk, fat, and protein in Australian Holstein-Friesians [Text] / M.R. Shariflou, C. Moran, F.W. Nicholas // Aust. J. Agric. Res. – 2000 – V. 51. – P. 515-522.
- 18 Dybus, A. Associations between Leu/Val poly-morphism of growth hormone gene and milk production traits in black-and-white cattle [Text] / A. Dybus // Arch. Tierzucht. – 2002. – V. 45. – P. 421-428.

19 Hadi, Z. The relationship between growth hormone polymorphism and growth hormone receptor genes with milk yield and reproductive performance in Holstein dairy cows [Text] / Z.Hadi, H.Atashi,M.Dadpasand, [et al.] // Iran, J. Vet. Res. – 2015. – V. 16(3). – P. 244-248.

20 Szewczuk, M. Association of insulin-like growth factor I gene polymorphisms (IGF1/TasI and IGF1/SnaBI) with the growth and subsequent milk yield of Polish Holstein-Friesian heifers [Text] / M.Szewczuk,M.Bajurn, S. Zyc [et al.] // Czech, J. Anim. Sci. – 2013. – V. 58(9). – P. 404-411.

21 Белая, Е.В. Оценка индивидуального фенотипического эффекта полиморфных вариантов генов гипофизарного фактора роста-1 (bPit-1) и инсулиноподобного фактора роста-1 (bIGF-1) на признаки молочной продуктивности у черно-пестрого голштинизированного крупного рогатого скота [Текст] / Е.В.Белая,М.Е.Михайлова, Н.В. Батин // Молекулярная и прикладная генетика: сб.науч.тр. – 2012. – Т. 13. – С. 30–35.

22 Bonakdar, E. IGF-I gene polymorphism, but not its blood concentration, is associated with milk fat and protein in Holstein dairy cows [Text] / E.Bonakdar,H.R.Rahmani,M.A. Edriss [et al.] // Genet. Mol. Res. – 2010. – V. 9(3). – P. 1726-1734.

23 ГОСТ Р 52054-2003. Молоко коровье сырое. Технические условия [Текст]. – Введ. 2004-01-01. – М.: Стандартиформ, 2003. – 24 с.

24 ГОСТ 23453-2014. молоко сырое. Методы определения соматических клеток [Текст]. – Введ. 2016-01-01. – М.: Стандартиформ, 2015. – 14 с.

25 Пигарева, Г.П. Клинические и лабораторные методы диагностики мастита у коров [Текст] / Г.П. Пигарева // метод. указ. – Воронеж, 2016. – 31 с.

REFERENCES

1 Bakaj, A.V. Izmenchivost' molochnojproduktivnostiukorovraznyhgenotipov [Tekst] / A.V. Bakaj, A.M. Muhtarov, G.V. Mkrtychyan // Zootekhniya. – 2013. - №12. – S. 6-8.

2 Babich, E.A. The efficiency of dairy herds created based on first-calf heifers of "Karatomar" black-and-white interbreed cattle on northern Kazakhstan [Text] / E.A. Babich, A.B. Nugmanov, L.Y. Ovchinnikova [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – V.7 (4). – P. 2376-2381.

3 Katmakov, P.S. The realization of black-and-white cattle's productive potential [Tekst] / P.S. Katmakov, V.P. Gavrilenko, A.V. Bushov, [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. - 2018. – V. 9(3). - P. 476-480.

4 Skinkytė, R. Distribution of allele frequencies important to milk production traits in lithuanian black & white and lithuanian red cattle [Text] / R. Skinkytė, L. Zwierzchowski, L. Riaubaitė [et al.] // Veterinarija ir zootechnika. – 2005. - V. 31(53). – R. 93-97.

5 Siadkowska, E. Effect of polymorphism in IGF-1 gene on production traits in Polish Holstein-Friesian cattle [Text] / E. Siadkowska, L. Zwierzchowski, J. Oprządek [et al.] // Animal Science Papers and Reports. - 2006. - V. 24. – P. 225-237.

6 Yuan, Z. NPs identification and its correlation analysis with milk somatic cell score in bovine MBL1 gene [Text] / Z. Yuan, J. Li [et al.] // Mol. Biol. Rep. – 2013. – V. 40(1). – P. 7-12.

7 Seyfert, H.M. Characterization of a first bovine lactoferrin gene variant, based on an EcoRI polymorphism [Text] / H.M. Seyfert, C. Kühn // Animal Genetics. – 1994. – V. 25(1). – P. 54.

8 GOST 31449-2013. Moloko korov'e syroe. Tekhnicheskie usloviya [Tekst]. – Vved. 2014-07-01. – М.: Standartinform, 2013. – 8 с.

9 GOST 32255-2013. Moloko i molochnaya produkcija. Instrumental'nyj ekspress-metod opredeleniya fiziko-himicheskikh pokazatelej identifikacii s primeneniem infrakrasnogo analizatora [Tekst]. – Vved. 2015-07-01. – М.: Standartinform, 2013. – 16 с.

10 Instrukciya po bonitirovke (ocenke) plemennoj cennosti i vosproizvodstvu krupnogo rogatogo skota molochnogo i molochno-myasnogo napravleniya: prilozhenie 16 k prikazu Ministra sel'skogo hozyajstva Respubliki Kazahstan ot 10 oktyabrya 2014 goda №3-3/517 [Elektronnyj resurs] // <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V14F0009818>. 10.12.2021.

11 Abdullina, L.V. Gen mannoza-svyazyvayushchego lektina (MBL), i vliyanie ego polimorfizma na ustojchivost' korov k mastitu [Tekst] / L.V. Abdullina, G.R. YUsupova // Uchenye zapiski KGAVM im. N.E. Bauman – 2019. – Т. 238(II). – S. 4-9.

12 Pestis, V.K. Primenenie DNK-testirovaniya krupnogo rogatogo skota po genam LTF i MBL1 dlya povysheniya effektivnosti proizvodstva moloka [Tekst] / V.K. Pestis, V.V. Peshko, O.A. Epishko [i dr.] // Dokl. nac. akad. nauk Belarusi. – 2022. – Т. 66. – S. 122-128.

13 Rodriguez, N. Association of the intron 6 polymorphism of the bovine lactoferrin gene with characteristics important for the dairy industry [Text] / N. Rodriguez, A. Lopez-Herrera, J. Zuluaga // Revista Lasallista de Investigación. – 2013 – V. 10. – P. 9-16.

14 SHamsieva, L.V. Fiziko-himicheskie pokazateli moloka pri subklinicheskom mastite korov [Tekst] / L.V. SHamsieva // Uchenye zapiski KGAVM im. Bauman, N.E.. – 2017. – №4. – С. 159-162.

15 El-Domany, W.B. Genetic Polymorphisms in LTF/EcoRI and TLR4/AluI loci as candidates for milk and reproductive performance assessment in Holstein cattle [Text] / W.B. El-Domany, H.A. Radwan, A.I. Ateya [et al.] // Reprod. Domest. Anim. – 2019. – V. 54(4). – P. 678-686.

16 Lucy, M.C. Variants of somatotropin in cattle: Gene frequencies in major dairy breeds and associated milk production [Text] / M.C. Lucy, S.D. Hauser, P.J. Eppard [et al.] // Domest. Anim. Endocrinol. – 1993. – V. 10. – P. 325-333.

17 Shariflou, M.R. Association of the Leu127 variant of the bovine growth hormone (bGH) gene with increased yield of milk, fat, and protein in Australian Holstein-Friesians [Text] / M.R. Shariflou, C. Moran, F.W. Nicholas // Aust. J. Agric. Res. – 2000 – V. 51. – P. 515-522.

18 Dybus, A. Associations between Leu/Val poly-morphism of growth hormone gene and milk production traits in black-and-white cattle [Text] / A. Dybus // Arch. Tierzucht. – 2002. – V. 45. – P. 421-428.

19 Hadi, Z. The relationship between growth hormone polymorphism and growth hormone receptor genes with milk yield and reproductive performance in Holstein dairy cows [Text] / Z. Hadi, H. Atashi, M. Dadpasand, [et al.] // Iran, J. Vet. Res. – 2015. – V. 16(3). – P. 244-248.

20 Szewczuk, M. Association of insulin-like growth factor I gene polymorphisms (IGF1/TasI and IGF1/SnaBI) with the growth and subsequent milk yield of Polish Holstein-Friesian heifers [Text] / M. Szewczuk, M. Bajurn, S. Zyc [et al.] // Czech, J. Anim. Sci. – 2013. – V. 58(9). – P. 404-411.

21 Belaya, E.V. Ocenka individual'nogo fenotipicheskogo efekta polimorfnyh variantov genov gipofizarnogo faktora rosta-1 (bPit-1) i insulinopodobnogo faktora rosta-1 (bIGF-1) na priznaki molochnoj produktivnosti u cherno-pestrogo golshтинizirovannogo krupnogo rogatogo skota [Tekst] / E.V. Belaya, M.E. Mihajlova, N.V. Batin // Molekulyarnaya i prikladnaya genetika: sb.nauch.tr. – 2012. – T. 13. – S. 30–35.

22 Bonakdar, E. IGF-I gene polymorphism, but not its blood concentration, is associated with milk fat and protein in Holstein dairy cows [Text] / E. Bonakdar, H.R. Rahmani, M.A. Edriss [et al.] // Genet. Mol. Res. – 2010. – V. 9(3). – P. 1726-1734.

23 GOST R 52054-2003. Moloko korov'e syroe. Tekhnicheskie usloviya [Tekst]. – Vved. 2004-01-01. – M.: Standartinform, 2003. – 24 с.

24 GOST 23453-2014. moloko syroe. Metody opredeleniya somaticheskikh kletok [Tekst]. – Vved. 2016-01-01. – M.: Standartinform, 2015. – 14 s.

25 Pigareva, G.P. Klinicheskie i laboratornye metody diagnostiki mastita u korov [Tekst] / G.P. Pigareva // metod. ukaz. – Voronezh, 2016. – 31 s.

ТҮЙІН

Сүт өнеркәсібінің өнімділігін арттыруда тек селекция және мал өсіру технологиялары ғана емес, сонымен қатар зерттелетін белгілерге әсер ететін гендерде бір нуклеотидті полиморфизмдердің (SNP) болуына молекулалық-генетикалық тестілеудің заманауи әдістерін қолдану маңызды рөл атқарады. Мұндай гендерге маннозаны байланыстыратын лектин гені жатады. Маннозды байланыстыратын лектин опсонизация, комплементті активтендіру және бөгде агентті бейтараптандыру процестеріне қатысатын туа біткен иммунитеттің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Лактоферрин гені – бактериостатикалық және бактерицидтік функциясы бар көп функциялы металды байланыстыратын ақуызды кодтайтын ген. Соматотропин гормоналды кешенінің гендері (өсу гормонының гендері және инсулинге ұқсас өсу факторы) ағзаның дамуы мен метаболизмінде шешуші рөл атқарады, оған сүттің сапалық құрамы тәуелді болады. Бұл зерттеудің мақсаты қара ала тұқымды мал арасында сүт өнімділігі мен сүт сапасының көрсеткіштерімен байланысты аталған гендердің оңтайлы және қажетсіз генотиптерін анықтау болды. Сүт өнімділігі мен сүт сапасын арттыру бойынша селекциялық бағдарламаларға генетикалық маркерлерді зерттеу, анықтау және енгізу отандық селекция мен ветеринарияның дамуына елеулі үлес қоса алады.

