

Ирина Петровна Иванова

Омский государственный аграрный университет, Омск, Россия
ip.ivanova@omgau.org

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА КАППА-КАЗЕИНА В ПОПУЛЯЦИИ МОЛОЧНОГО СКОТА ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Цель исследований – изучение полиморфизма гена каппа-казеина в популяции молочного скота Омской области. Объект – поголовье коров ($n = 400$) скота черно-пестрой породы, составляющее селекционные группы в племенных репродукторах Омской области. Генетический анализ образцов проводился с помощью ПЦР-диагностики каждого образца ДНК. По гену каппа-казеина в исследуемой породе частота встречаемости гетерозигот составила 0,40. Значения двух других генотипов варьировали от 0,12 до 0,48. В популяции молочного скота черно-пестрой породы генотип В/В встречался с частотой 0,12. Основная часть поголовья – 52 % коров несут ассоциированный аллель с белково-молочностью. Животные с генотипом А/А превосходили сверстниц по удою на 503 кг, или 8,05 %, и отличались максимальной обильномолочностью ($P < 0,05$). Коровы с генотипом В/В имели 6242 кг молока за лактацию, что на 345 кг, или 5,53 %, меньше, чем в группе гетерозигот. Массовая доля молочного белка в группе коров с генотипом В/В составила 3,84 %, что на 0,69 % ($P < 0,05$) выше, чем у коров с генотипом А/А, и на 0,63 % больше, чем в группе гетерозигот с генотипом А/В. Генофонд популяции молочного скота черно-пестрой породы, разводимой в Омской области, отличается разнообразием аллелей гена каппа-казеина, но находится в равновесии. Таким образом, В-аллели гена каппа-казеина ассоциированы с повышенным содержанием молочного белка, отбор животных по данному критерию будет способствовать повышению массовой доли молочного белка.

Ключевые слова: каппа-казеин, полиморфизм, молочная продуктивность, генотип, селекция

Для цитирования: Иванова И.П. Полиморфизм гена каппа-казеина в популяции молочного скота Омской области // Вестник КрасГАУ. 2024. № 8. С. 87–91. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-8-87-91.

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (тема «Мониторинг генетического полиморфизма по генам-маркерам молочной продуктивности в популяции молочного скота с целью выявления полифункциональных биологических активностей в виде их продуктивных качеств и генетической коррекции»).

Irina Petrovna Ivanova

Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia
ip.ivanova@omgau.org

POLYMORPHISM OF THE KAPPA-CASEIN GENE IN THE DAIRY CATTLE POPULATION OF THE OMSK REGION

The aim of research is to study the polymorphism of the kappa-casein gene in the dairy cattle population of the Omsk Region. The object was the herd of cows ($n = 400$) of the Black-and-White breed, which constituted selection groups in the breeding farms of the Omsk Region. Genetic analysis of the samples was carried out using PCR diagnostics of each DNA sample. For the kappa-casein gene in the studied breed, the frequency of heterozygotes was 0.40. The values of the other two genotypes varied from 0.12 to 0.48. In the population of dairy cattle of the Black-and-White breed, the B/B genotype was found with a frequency of 0.12. The main part of the herd – 52 % of cows carry the allele associated with milk protein

content. Animals with the A/A genotype exceeded their peers in milk yield by 503 kg, or 8.05 %, and were distinguished by maximum milk production ($P < 0.05$). Cows with the B/B genotype had 6242 kg of milk per lactation, which is 345 kg, or 5.53 %, less than in the heterozygote group. The mass fraction of milk protein in the group of cows with the B/B genotype was 3.84 %, which is 0.69 % ($P < 0.05$) higher than in cows with the A/A genotype, and 0.63 % higher than in the group of heterozygotes with the A/B genotype. The gene pool of the population of black-and-white dairy cattle bred in the Omsk Region is distinguished by a variety of alleles of the kappa-casein gene, but is in equilibrium. Thus, B-alleles of the kappa-casein gene are associated with an increased content of milk protein; the selection of animals according to this criterion will contribute to an increase in the mass fraction of milk protein.

Keywords: kappa-casein, polymorphism, milk productivity, genotype, breeding

For citation: Ivanova I.P. Polymorphism of the kappa-casein gene in the dairy cattle population of the Omsk Region // Bulliten KrasSAU. 2024;(8): 87–91 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-8-87-91.

Acknowledgments: the work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation (topic “Monitoring genetic polymorphism in genes-markers of milk productivity in the population of dairy cattle with the aim of identifying polyfunctional biological activities in the form of their productive qualities and genetic correction”).

Введение. Полиморфизм гена каппа-казеина в популяции молочного скота является важной темой исследований в области генетики и селекции животноводства, так как ген каппа-казеина кодирует одну из белковых фракций молока и играет ключевую роль в его качестве. У молочного скота существует несколько генетических вариантов этого гена, и различия в последовательности ДНК могут приводить к изменению биохимических свойств молока [1].

Изучение полиморфизма гена каппа-казеина позволяет проводить селекцию животных на основе желаемых генотипов для улучшения молочной продуктивности и качества молока, также это способствует оптимизации производства молочных продуктов, учитывая их целевые свойства [2]. Однако необходимо учитывать, что влияние полиморфизма гена каппа-казеина может быть различным в популяциях скота, отличающихся условиями содержания и другими паратипическими факторами [3, 4]. Поэтому определение генотипов коров по гену CSN3 имеет важное значение как для фундаментальной науки, так и для практического применения в животноводстве.

Альтернативные аллели гена каппа-казеина ассоциированы с различным уровнем продуктивности крупного рогатого скота [5]. Изучение полиморфизма этого гена позволяет выявлять животных с желаемыми генетическими характеристиками, что способствует улучшению общей продуктивности молочного скота [6].

Таким образом, определение полиморфизма гена каппа-казеина в селекционной группе молочного скота имеет большое практическое зна-

чение и способствует улучшению качества молока, повышению производительности и общей конкурентоспособности молочной отрасли [7].

Цель исследований – изучение полиморфизма гена каппа-казеина в популяции молочного скота Омской области.

Задачи: изучить полиморфизм гена каппа-казеина (CSN3) в популяции племенного скота черно-пестрой породы; определить взаимосвязь между генотипами коров и уровнем их биологических активностей в виде продуктивных качеств.

Объекты и методы. Объектом исследований являлась часть популяции молочного скота черно-пестрой породы в количестве 25 % от объема селекционной группы маточного поголовья, разводимого в племенных репродукторах Омской области ($n = 400$ голов).

Первичным материалом для исследований послужили данные племенного учета, полученные из баз данных ИАС «СЕЛЭКС. Молочный скот» предприятий, а также собранные образцы биоматериала для генотипирования. В качестве биоматериала использовались образцы шерсти с волосяными луковицами, сбор которого осуществлялся в соответствии с общепринятой методикой.

Извлечение ДНК проводилось с использованием стандартных протоколов в лаборатории геномных технологий ООО «Ксивелью» (г. Москва).

Генетический анализ образцов проводился с помощью ПЦР-диагностики ДНК каждого образца. По полученным генетическим паспортам коров проводилась статистическая обработка данных для определения частот встречаемости

аллелей гена каппа-казеина (CSN3) и оценка связи с биологическими активностями коров (обильномолочность, белковомолочность, жирномолочность).

Результаты и их обсуждение. Многими исследователями установлено, что ген каппа-казеина отвечает за свойства молока, такие как белковый сгусток и устойчивость к ферментации, что существенно влияет на процессы производства молочных продуктов, таких как сыры и йогурты [8–12].

По результатам исследований установлено, что наибольшее число животных с различной кровностью являлись носителями гетерозиготного генотипа АВ гена CSN3 и отличались между собой по частоте встречаемости. Как показы-

вают данные таблицы 1, характеризующие крупный рогатый скот молочного направления продуктивности по гену каппа-казеина, у исследуемой породы диапазон частоты встречаемости гетерозигот составила 0,40. Значения двух других генотипов варьировали от 0,12 до 0,48.

Следует отметить, что наиболее предпочтительный для выработки твердых сортов сыра В-аллель и его гомозиготное состояние.

В популяции молочного скота черно-пестрой породы генотип ВВ встречался с частотой 0,12.

В результате проверки соответствия выявленной частоты генотипов по Харди – Вайнбергу очевидно, что все анализируемые выборки по гену CSN3 находятся в равновесном состоянии.

Таблица 1

Перечень частоты генотипов и аллелей гена CSN3

Генотип	Частота генотипов	Аллель	Частота аллелей	He	Fis
A/A	0,48	A	0,68	0,44	0,08
A/B (Ho)	0,40				
B/B	0,12	B	0,32		

Примечание: Ho – наблюдаемая гетерозиготность; He – ожидаемая гетерозиготность; Fis – индекс фиксации Райта; λ_2 – критерий соответствия. Ho – наблюдаемая гетерозиготность; He – средняя гетерозиготность на особь; Fis – индекс, измеряющий отклонения внутригрупповых (субпопуляционных) наблюдаемых гетерозиготностей от ожидаемых при равновесии.

По результатам генотипирования животных черно-пестрой породы, разводимых на предприятиях Омской области, выявлено наибольшее число животных с генотипом AA в диапазоне частоты встречаемости до 48 %.

Таким образом, животные черно-пестрой породы, разводимые на предприятиях Омской области, характеризуются довольно высокой частотой А-аллельного варианта и низкой частотой В-аллельного варианта гена каппа-казеина, что может неблагоприятно влиять на признаки бел-

ковомолочности и технологические свойства молока.

В таблице 2 представлена оценка продуктивных качеств коров в зависимости от генотипа по гену каппа-казеина.

Продуктивные качества крупного рогатого скота обусловлены генотипом. Аллельные состояния гена каппа-казеина ассоциированы с показателями молочной продуктивности.

Животные с генотипом A/A превосходили сверстниц по удою на 503 кг, или 8,05 %.

Таблица 2

Продуктивные качества коров черно-пестрой породы в зависимости от генотипа по гену CSN3

Показатель	Генотип		
	A/A	A/B(Ho)	B/B
Удой за 1 лактацию, кг	6745±271*	6587±126	6242±110
Массовая доля молочного жира, %	3,88±0,08	4,12±0,02	4,61±0,01
Массовая доля молочного белка, %	3,15±0,038	3,21±0,027	3,84±0,009*

*Первый порог достоверности (P < 0,05).

Гетерозиготы по гену CSN3 занимали промежуточное положение по обильномолочности между гомозиготами по изучаемому гену.

По значениям массовой доли молочного жира максимальный уровень достигнут у коров с генотипом В/В по гену каппа-казеина, но достоверной разницы в значениях между группами не выявлено. Поэтому можно заключить, что содержание жира в молоке в большей степени зависит от паратипических факторов и взаимосвязано с количеством синтезируемого молока животными.

Коровы с генотипом, гомозиготным по аллелям В/В, превосходят сверстниц по белковомолочности. Массовая доля молочного белка в группе коров с генотипом В/В составила 3,84 %, что на 0,69 % ($P < 0,05$) выше, чем у коров с генотипом А/А, и на 0,63 % больше, чем в группе гетерозигот с генотипом А/В.

Заключение. Исследования показали, что генофонд популяции молочного скота черно-пестрой породы, разводимой в Омской области, отличается разнообразием аллелей гена каппа-казеина, но находится в равновесии. Установлено, что В-аллели гена каппа-казеина ассоциированы с повышенным содержанием молочного белка. Это подчеркивает важность изучения полиморфизма гена CSN3 для улучшения селекции животных и улучшения качественных характеристик молока. Выявление животных, обладающих лучшими генетическими характеристиками, способствует ускорению темпов совершенствования отечественного молочного скота для получения молока улучшенного качества. Полученные результаты могут быть основой для дальнейших исследований в области генетической коррекции основных хозяйственно полезных качеств отечественного скота молочных пород.

Список источников

1. Иванова И.П., Юрченко Е.Н., Юрк Н.А. Селекционные резервы повышения эффективности ведения молочного животноводства // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2021. № 7. С. 24–28. DOI: 10.31442/0235-2494-2021-0-7-24-28.
2. Молочная продуктивность коров разных генотипических групп черно-пестрого скота в зависимости от полиморфизма гена каппа-казеина / С.О. Снугирев [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (72). С. 94–97.
3. Глазкова Н.Ю. Иммуногенетический полиморфизм коров голштинской породы в Орловской популяции молочного скота // Биология в сельском хозяйстве. 2021. № 1 (30). С. 25–27.
4. Характеристика аллелотипа по локусу каппа-казеина у молочных коров разных пород / Н.А. Худякова [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 5. С. 24–29. DOI: 10.33943/MMS.2022.40.61.005.
5. Ассоциация полиморфизмов в биокластере генов казеина и сывороточных белков с технологическими свойствами молочного сырья / Е.Е. Илларионова [и др.] // Молочная промышленность. 2021. № 3. С. 60–62. DOI: 10.31515/1019-8946-2021-03-60-62.
6. Тамарова Р.В., Егорова Е.В. Влияние разных генотипов каппа-казеина и бета-лактоглобулина на продуктивность коров айрширской, голштинской и ярославской пород // Главный зоотехник. 2021. № 12 (221). С. 9–27. DOI: 10.33920/sel-03-2112-02.
7. Аллельные варианты гена каппа-казеина у коров голштинской породы / С.С. Жаймышева [и др.] // Вестник АПК Верхневолжья. 2023. № 3 (63). С. 60–64. DOI: 10.35694/YARCX.2023.63.3.007.
8. Карамеева А.С., Бакаева Л.Н., Карамеев С.В. Химический состав молозива у коров с разными генотипами по каппа-казеину // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3. С. 55–61.
9. Лефлер Т.Ф., Крашенинникова И.В. К вопросу о влиянии генотипа на продуктивные качества коров // Вестник КрасГАУ. 2022. № 5 (182). С. 170–176. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-170-176.
10. Лефлер Т.Ф., Садыко С.Г. Сравнительная оценка молочной продуктивности коров разных линий // Вестник КрасГАУ. 2019. № 5 (146). С. 138–142.

11. Суханова О.Г. Селекция в молочном скотоводстве // Промышленность и сельское хозяйство. 2022. № 5 (46). С. 17–20.
12. Иванова И.П. Планирование селекционно-племенной работы с молочным скотом в Омской области // Известия Горского государственного аграрного университета. 2022. Т. 59-3. С. 48–54. DOI: 10.54258/20701047_2022_59_3_48.
6. Tamarova R.V., Egorashina E.V. Vliyanie raznyh genotipov kappa-kazeina i beta-laktoglobulina na produktivnost' korov ajrshirskoj, golshtinskoj i yaroslavskoj porod // Glavnyj zootehnik. 2021. № 12 (221). S. 9–27. DOI: 10.33920/sel-03-2112-02.
7. Allel'nye varianty gena kappa-kazeina u korov golshtinskoj porodny / S.S. Zhajmysheva [i dr.] // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2023. № 3 (63). S. 60–64. DOI: 10.35694/YARCX.2023.63.3.007.
8. Karamaeva A.S., Bakaeva L.N., Karamaev S.V. Himicheskij sostav moloziva u korov s raznymi genotipami po kappa-kazeinu // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2021. № 3. S. 55–61.
9. Lefler T.F., Krashennikova I.V. K voprosu o vliyanii genotipa na produktivnye kachestva korov // Vestnik KrasGAU. 2022. № 5 (182). S. 170–176. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-5-170-176.
10. Lefler T.F., Sadyko S.G. Sravnitel'naya ocenka molochnoj produktivnosti korov raznyh linij // Vestnik KrasGAU. 2019. № 5 (146). S. 138–142.
11. Suhanova O.G. Selekcija v molochnom skotovodstve // Promyshlennost' i sel'skoe hozyajstvo. 2022. № 5 (46). S. 17–20.
12. Ivanova I.P. Planirovanie selekcionno-plemennoj raboty s molochnym skotom v Omskoj oblasti // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022. Т. 59-3. S. 48–54. DOI: 10.54258/20701047_2022_59_3_48.

References

1. Ivanova I.P., Yurchenko E.N., Yurk N.A. Selekcionnye rezervy povysheniya `effektivnosti vedeniya molochnogo zhivotnovodstva // `Ekonomika sel'skohozyajstvennyh i pererabatyvayuschih predpriyatij. 2021. № 7. S. 24–28. DOI: 10.31442/0235-2494-2021-0-7-24-28.
2. Molochnaya produktivnost' korov raznyh genotipicheskikh grupp cherno-pestrogo skota v zavisimosti ot polimorfizma gena kappa-kazeina / S.O. Snigirev [i dr.] // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023. № 1 (72). S. 94–97.
3. Glazkova N.Yu. Immunogeneticheskij polimorfizm korov golshtinskoj porodny v Orlovskoj populyacii molochnogo skota // Biologiya v sel'skom hozyajstve. 2021. № 1 (30). S. 25–27.
4. Harakteristika allelotipa po lokusu kappa-kazeina u molochnyh korov raznyh porod / N.A. Hudyakova [i dr.] // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2022. № 5. S. 24–29. DOI: 10.33943/MMS.2022.40.61.005.
5. Associaciya polimorfizmov v bioklastere genov kazeina i syvorotochnyh belkov s tehnologicheskimi svojstvami molochnogo syr'ya / E.E. Illarionova [i dr.] // Molochnaya promyshlennost'. 2021. № 3. S. 60–62. DOI: 10.31515/1019-8946-2021-03-60-62.

Статья принята к публикации 11.03.2024 / The article accepted for publication 11.03.2024.

Информация об авторах:

Ирина Петровна Иванова, доцент кафедры разведения и генетики сельскохозяйственных животных, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Information about the authors:

Irina Petrovna Ivanova, Associate Professor at the Department of Breeding and Genetics of Agricultural Animals, Candidate of Agricultural Sciences, Docent