https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.1.150–157
УДК 636.082:575.113.1

(cc) BY

Частота распределения и связь полиморфизма молочных белков у голштинских быков с продуктивностью их матерей и оценкой по дочерям

© 2025. Л. И. Кузякина[1]✉, Е. Н.Усманова[1], Е. А. Смирнов[1], Е. В. Мокерова[2]
[1]*ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет», г. Киров, Российская Федерация*
[2]*АО «Кировплем», г. Киров, Российская Федерация*

Гены каппа-казеина и бета-казеина контролируют удой, качество молока и молочных продуктов, поэтому они представляют собой важные селекционные критерии отбора для молочных пород крупного рогатого скота. У 68 быков-производителей голштинской породы импортной и отечественной селекции, принадлежащих предприятию АО «Кировплем» Кировской области, была изучена частота встречаемости разных генотипов по каппа- и бета-казеину, проанализированы данные молочной продуктивности их матерей и результаты оценки по дочерям. Установлено, что среди проверенных быков по каппа-казеину преобладал генотип АА – 50,0 % производителей. Генотипы АВ и ВВ встречались у 30,9 и 19,1 % быков соответственно. Наибольшая продуктивность по удою, содержанию жира и белка в молоке (14573 кг, 4,39 и 3,47 % соответственно) получена от матерей быков с генотипом АВ, при этом их превосходство статистически доказано по удою и содержанию белка по сравнению с матерями быков с генотипом АА. Относительно сверстниц также более продуктивными были дочери быков с генотипом АВ, их прибавка по соответствующим показателям молочной продуктивности составила 720 кг, 0,21 %, 0,12 %, что достоверно выше по содержанию жира и белка в молоке в сравнении с генотипом АА. По бета-казеину преобладали быки, имеющие генотип А1А2 (51,5 %). Производителей с генотипом А1А1 и А2А2 выделено меньше соответственно 27,9 и 20,6 %. Наибольшие показатели по удою установлены у матерей быков с генотипом по бета-казеину А2А2 – 14482 кг. Достоверно более высокое содержание жира – 4,49 % у матерей быков с генотипом А1А2. Также достоверно бóльшей белковостью молока (3,43 и 3,41 %) отличались матери быков с генотипами А1А1 и А1А2. Сравнение дочерей со сверстницами показало, что наибольшую прибавку в удое дали дочери от быков с генотипами А2А2 – 745 кг и А1А2 – 717 кг, что статистически достоверно, по МДЖ – дочери быков с генотипом А1А2 – 0,17 %, по белку – с генотипом А2А2 – 0,11 %. Для повышения молочной продуктивности и улучшения качества молока в среднем по стаду следует увеличивать количество животных от быков с данными генотипами каппа- и бета-казеина.

Ключевые слова: *молочное скотоводство, голштинская порода, быки, каппа-казеин, бета-казеин.*

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет» и АО «Кировплем» (г. Киров).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Кузякина Л. И., Усманова Е. Н., Смирнов Е. А., Мокерова Е. В. Распределение и взаимосвязь полиморфизма молочных белков у быков с продуктивностью их матерей и дочерей. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025;26(1):150–157. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.1.150-157

Поступила: 19.08.2024 Принята к публикации: 24.01.2025 Опубликована онлайн: 26.02.2025

Frequency of distribution and relationship of polymorphism of milk proteins in Holstein bulls with the productivity of their mothers and assessment of daughters

© 2025. Ludmila I. Kuzyakina[1]✉, Elena N. Usmanova[1], Egor A. Smirnov[1], Elena V. Mokerova[2]
[1]*Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russian Federation,*
[2]*Kirov Joint Stock Company for breeding work (AO Kirovplem), Kirov, Russian Federation*

The kappa-casein and beta-casein genes control milk yield, quality of milk and dairy products, therefore they represent important breeding criteria for dairy cattle breeds. The frequency of occurrence of different kappa- and beta-casein genotypes was studied in 68 Holstein bulls of imported and domestic breeding owned by Kirovplem JSC of the Kirov region, data on the milk productivity of their mothers and the results of the evaluation of their daughters were analyzed. It was found that among the analyzed bulls for kappa casein, the AA genotype prevailed - 50.0 % of producers. The AB and BB genotypes were found in 30.9 and 19.1 % of bulls, respectively. The highest productivity according to yield, fat content and protein content in milk (14,573 kg, 4.39 and 3.47 %, respectively) was obtained from mothers of bulls with the AB genotype, while

their superiority in milk yield and protein content was statistically significant compared to mothers of bulls with the AA genotype. Relative to their peers, the daughters of bulls with the AB genotype were also more productive, their weight gain was 720 kg, 0.21 %, 0.12 %, which was significantly higher in fat and protein content in milk compared to the AA genotype. Beta-casein was dominated by bulls with the A1A2 genotype (51.5 %). There were fewer producers with the A1A1 and A2A2 genotypes, respectively – 27.9 and 20.6 %. The highest milk yield was found in mothers of bulls with the beta-casein A2A2 genotype – 14482 kg. Significantly higher fat content – 4.49 % in mothers of bulls with the A1A2 genotype. Mothers of bulls with casein A1A1 and A1A2 also have significantly higher milk protein content (3.43 and 3.41 %). A comparison of daughters with their peers showed that the greatest increase in milk yield was given to daughters from bulls with genotypes A2A2 – 745 kg and A1A2 – 717 kg, which was statistically significant, in mass fraction of fat – daughters of bulls with genotype A1A2 – 0.17 %, and in protein – with genotype A2A2 – 0.11 %. To increase milk productivity and improve the quality of milk in the average herd, the number of animals from bulls with these kappa- and beta-casein genotypes should be increased.

Keywords: *dairy cattle breeding, Holstein breed, bulls, kappa casein, beta casein*

Acknowledgements: the research was carried out under the financial support of the Vyatka State Agrotechnological University, Kirov Joint Stock Company for breeding work (AO Kirovplem), Kirov.

The authors thank the reviewers for their contributions to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Kuzyakina L. I., Usmanova E. N., Smirnov E. A., Mokerova E. V. Frequency of distribution and relationship of polymorphism of milk proteins in Holstein bulls with the productivity of their mothers and assessment of daughters**.** *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2025;26(1):150–157. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.1.150-157

Поступила: 19.08.2024 Принята к публикации: 24.01.2025 Опубликована онлайн: 26.02.2025

На современном этапе развития скотоводства Российской Федерации одними из главных задач зоотехнической науки являются повышение молочной продуктивности коров и улучшение качественных составляющих молока [1, 2]. Решить эти задачи предусматривается за счет рационального использования генетических ресурсов животных с внедрением новейших методов популяционной генетики – маркерной селекции, ДНК-технологий [3, 4, 5], а также применения инноваций в области кормления и содержания для реализации высокого потенциала животных [6, 7].

С появлением геномного анализа было обнаружено большое разнообразие аллелей в шести основных локусах молочных белков. Генетический полиморфизм возникает из-за существования разных (полиморфных) аллелей в локусе гена. Различные типы белка, продуцируемые полиморфным геном, являются генетическими вариантами и различаются аминокислотной последовательностью. Знание вариантов многообразия молочного белка является полезным инструментом для характеристики пород, сохранения разнообразия популяций, а также производства продуктов для здорового питания человека. Обнаружено, что возникновение аллелей, связанных с пониженным содержанием различных казеинов, может быть использовано для производства молока с особыми питательными качествами, то есть гипоаллергенного молока. С другой стороны, частоту этих аллелей можно уменьшить путем отбора производителей с использованием ДНК-тестов, тем самым увеличивая содержание казеина в молоке, используемом в сыроделии. Следовательно, генетические варианты вызывают большой интерес в молочной промышленности. Поскольку генетические варианты наследуются в соответствии с простым менделевским типом наследования, можно проводить селекцию для получения определенных вариантов молочных белков. Данная схема отбора практикуется в некоторых странах для поддержки более высоких частот казеина В и β-лактоглобулина. Так, вариант В из двух белков связан с более высоким уровнем жира и казеина в молоке, лучшими коагулирующими свойствами при сычужном образовании, более высоким выходом сыра и его качеством. Информация о генотипах важна для селекционеров, когда они хотят улучшить свои стада.

Гены каппа-казеина и бета-казеина контролируют удой, качество молока и молочных продуктов, поэтому они представляет собой важные селекционные критерии отбора для молочных пород крупного рогатого скота [8]. Аллельные варианты гена каппа-казеина отличаются нуклеотидными заменами в последовательности цепи ДНК, которые в ряде случаев приводят к изменению аминокислотной последовательности белка, и следовательно генетически обусловлены [9]. Исследованиями отечественных ученых, изучавших полиморфизм белков молока, установлено, что сыропригодность молока в определенной степени зависит от генотипа коров по каппа-казеину [10]. Некоторые генетические варианты молочных белков существенно влияют на молочную продуктивность, физико-химические и техно-

логические свойства молока, поэтому могут выступать в роли генетических маркеров [11]. Интерес вызывает определение взаимосвязей между показателями удоя, жира и белка у матерей и дочерей производителей с разным казеином, для того чтобы определить наиболее эффективные направления селекционно-племенной работы.

Цель исследования – определить частоту встречаемости и связь полиморфизма молочных белков у голштинских быков с продуктивностью их матерей и оценкой дочерей, выявить приоритетные генотипы быков для обоснованного подбора к стаду и в дальнейшем направленного отбора их потомков.

В связи с этим были поставлены следующие задачи: выявить у быков частоту встречаемости разных генотипов по фракциям казеина, изучить у матерей быков: удой, массовую долю жира и белка (МДЖ, МДБ), сумму молочного жира и молочного белка; используя имеющиеся результаты геномной оценки быков проанализировать превосходство дочерей над сверстницами по показателям продуктивности.

Научная новизна – определение генотипа по каппа-казеину и бета-казеину может быть тестом для уровня удоя и технологических свойств молока. Изучение молочной продуктивности коров-матерей и оценки дочерей голштинских быков во взаимосвязи с их генотипом по разным казеинам в условиях Кировской области ранее не проводили. Данные исследования являются важным аспектом для дальнейшего совершенствования маточного поголовья в регионе за счет обоснованного подбора быков и направленного отбора их потомков.

Материал и методы. Для достижения цели и задач были использованы основные данные молочной продуктивности матерей и имеющиеся результаты геномной оценки 68 быков голштинской породы, принадлежащих АО «Кировплем». Данные производители имеют разное происхождение – 24 быка из России (Московская, Ленинградская, Кировская, Свердловская, Новосибирская области), 11 быков из Канады, 10 быков из Дании, 10 быков из Нидерландов, 7 быков из Германии, 2 быка из США и 4 быка из Беларуси. При выполнении работы применяли общепринятые в зоотехнии методы исследования: расчетный, статистический, аналитический. При биометрической обработке данных применяли метод вариационной статистики с использованием программы Microsoft Excel. Достоверность разницы определяли по таблице Стьюдента (Н. А. Плохинский, 1969)[1].

Результаты и их обсуждение. По данным исследования, проведенного в Кировской области, у производителей голштинской породы преобладает генотип АА, его имеют 34 быка (или 50,0 %), генотип АВ встречается у 21 быка (или 30,9 %), генотип ВВ установлен у 13 голов (или 19,1 %). Такое распределение согласуется с данными других российских ученых, которые также отмечают, что животные в основном имеют генотип АА, менее распространенным является генотип ВВ [12].

Анализируя место рождения всех производителей, выявили, что на предприятии АО «Кировплем» преобладают быки голштинской породы импортного происхождения – 44 головы, или 64,7 %, в том числе из Беларуси 4 быка, или 5,9 %. Отечественных быков – всего 24 головы, или 35,3 % (табл. 1).

Половина быков с генотипом каппа-казеина АА отечественного происхождения, остальные импортного, в том числе 2 быка из Беларуси. Среди производителей с генотипом АВ преобладают импортные быки – 16 голов, или 76,2 %, в том числе 2 быка из Беларуси, российских быков всего – 5 голов, или 23,8 %.

Таблица 1 – **Распределение быков голштинской породы в зависимости от их генотипа по каппа-казеину и происхождения /**
Table 1 – **Distribution of Holstein bulls depending on their kappa-casein genotype and origin**

Показатель / Indicator	Генотип / Genotype		
	АА	АВ	ВВ
Количество голов / Number of heads	34	21	13
Удельный вес, % /Specific weight, %	50,0	30,9	19,1
Быки отечественного происхождения, голов / Bulls of domestic origin, heads	17	5	2
Быки импортного происхождения, голов / Bulls of imported origin, heads	17	16	11

[1]Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников. М. «Колос», 1969. 256 с.

Производители с генотипом ВВ представлены в большинстве импортными быками – 11 голов, или 84,6 %, отечественных быков только 2 головы, или 15,4 %. Такое распределение генотипов по каппа-казеину у быков разного происхождения косвенно говорит об особенностях селекции в разных странах. Из полученных результатов видно, что отечественные быки, принадлежащие АО «Кировплем», имеют преимущественно генотип по каппа-казеину АА (17 голов, или 70,8 %), среди импортных относительно равномерное распределение: генотип АА – у 17 быков, или 38,6 %, в т. ч. 2 из Беларуси; генотип АВ – 16 голов, или 36,4 %, в т. ч. 2 из Беларуси; генотип ВВ – 11 голов, или 25,0 %.

Полученные средние данные по основным показателям молочной продуктивности матерей и дочерей в сравнении со сверстницами по результатам геномной оценки быков с разными генотипами каппа-казеина показаны в таблице 2.

Таблица 2 – **Сравнительная характеристика голштинских быков с разными генотипами каппа-казеина по молочной продуктивности их матерей и дочерей в сравнении со сверстницами /**
Table 2 – **Comparative characteristics of Holstein bulls with different kappa-casein genotypes in terms of milk productivity of their mothers and daughters in comparison with peers**

Показатель / Indicator		*Генотип / Genotype*		
		AA	*AB*	*BB*
Количество голов / Number of heads		34	21	13
Матери быков / Bull mothers	Удой, кг / Milk yield, kg	13537±247	14573±387*	14429±392
	МДЖ, % / Mass fraction of fat	4,37±0,06	4,39±0,06	4,23±0,08
	МДБ, % / Mass fraction of protein	3,34±0,02	3,47±0,04**	3,43±0,05
	Молочный жир + молочный белок, кг / Milk fat + milk protein, kg	1046±22	1143±30*	1103±34
Дочери быков ± к сверстницам / Daughters of bulls ± to their peers	Разница по удою, кг / Difference in milk yield, kg	+597±81	+720±99	+570±53
	Разница по МДЖ, % / Difference in mass fraction of fat, %	+0,10±0,02	+0,21±0,04*	+0,12±0,04
	Разница по МДБ, % / Difference in mass fraction of protein, %	+0,05±0,01	+0,12±0,02**	+0,11±0,02**

Примечания: МДЖ – массовая доля жира; МБЖ – массовая доля белка; *достоверно при P>0,95 относительно генотипа АА, ** достоверно при P>0,99 относительно генотипа АА /

Notes: MFA – mass fraction of fat; MBP – mass fraction of protein; *reliable at P>0.95 relative to the AA genotype, **reliable at P>0.99 relative to the AA genotype

Как видно из данных таблицы 2, более высокий удой (14573 кг) у матерей быков с генотипом по каппа-казеину АВ, несколько меньше у матерей быков с генотипом ВВ (14429 кг). Матери быков с генотипом по каппа-казеину АА менее продуктивны (13537 кг), они уступали другим группам на 6,6–7,7 %. Животные с генотипом АВ превосходили аналогов с генотипами АА на 1036 кг (достоверно при P>0,95) и с генотипом ВВ – на 144 кг (недостоверно); с генотипом ВВ по сравнению с генотипом – АА на 892 кг (недостоверно).

Относительно качественных показателей молока наибольшую жирность и белковость имели матери быков с генотипом АВ соответственно 4,39 и 3,47 %, что позволило получить от них и наибольшую сумму молочного жира и молочного белка (1143 кг). В сравнении с генотипом АА это превосходство статистически достоверно при P>0,95. Меньшее содержание массовой доли жира наблюдали у матерей быков с генотипом ВВ – 4,23 %, разница с другими группами также недостоверна. Наименьший показатель массовой доли белка у матерей быков с генотипом АА – 3,34 %, различия с генотипом АВ составили 0,13 %, что статистически достоверно при P>0,99.

Дочери быков с генотипом АВ при сравнении со сверстницами дали более высокую прибавку в удоях +720 кг. Тогда как у быков с генотипом АА и ВВ эти показатели ниже (597 и 570 кг). Также следует отметить, что дочери быков с генотипом АВ имеют достоверно более высокое содержание жира на 0,11% при P>0,95 и белка на 0,07% при P>0,99 в молоке по сравнению с дочерями быков, имеющих генотип по каппа-казеину АА, от которых по этим показателям получена наименьшая прибавка.

Наши данные согласуются с исследованиями А. Э. Будько и А. Г. Кощаева, которые получили более высокие средние значения молочной продуктивности у первотелок с генотипами АВ и ВВ [12]. Такая же тенденция просматривается у Е. В. Егорашиной и Р. В. Тамаровой – наилучшие показатели продуктивности у животных с генотипом АВ [13]. Н. А. Худякова и другие определили, что наивысшие показатели молочности у коров с менее распространенным генотипом ВВ [14]. В исследованиях других ученых по изучению сыродельных свойств молока выявлено, что высокие показатели присущи животным с генотипами АВ и ВВ. Они превосходили сверстников с генотипом АА по выходу плотного казеинового сгустка и имели наименьшую продолжительность свертывания молока [9].

Однако данные при оценке быков-производителей относительно определения взаимосвязей полиморфных молочных белков с количественными и качественными показателями молочной продуктивности несколько противоречивы. Так, А. А. Вельматов и др. установили положительную связь генотипа АА с молочной продуктивностью коров красно-пестрой породы, их превосходство было достоверным [15]. В исследованиях Т. М. Ахметова и С. В. Тюлькина более молочными были коровы, имеющие в своем генотипе аллельный вариант В [10].

При анализе генетических данных быков, принадлежащих АО «Кировплем», по бета-казеину (табл. 3) было установлено, что преобладали быки, имеющие генотип А1А2 – 35 голов, или 51,5 %. Значительно меньше производителей с генотипом А1А1 и А2А2 соответственно 19 голов, или 27,9 % и 14 голов, или 20,6 %. В целом данное распределение типичное для российских регионов и согласуется с результатами других отечественных ученых [16, 17].

Таблица 3 – **Распределение быков голштинской породы в зависимости от их генотипа по бета-казеину и происхождения/**
Table 3 – **Distribution of Holstein bulls depending on their beta-casein genotype and origin**

Показатель / Indicator	*Генотип / Genotype*		
	A1A1	*A1A2*	*A2A2*
Количество голов / Number of heads	19	35	14
Удельный вес, % / Specific weight, %	27,9	51,5	20,6
Быки отечественного происхождения, гол. / Bulls of domestic origin, heads	8	13	3
Быки импортного происхождения, гол. / Bulls of imported origin, heads	11	22	11

Среди быков с генотипом А1А1 отечественных – 8 голов, или 42,1 %, импортных – 11 голов, или 57,9 %, из них 3 быка из Беларуси. Достаточно много импортных быков, имеющих генотип А1А2 – 22 головы, или 62,9 %, из них 1 бык из Беларуси, отечественных всего 13 голов, или 37,1 %. Генотип А2А2 чаще встречается у быков импортного происхождения (11 голов, или 78,6 %). Среди носителей генотипа А2А2 отечественных всего 3 быка, или 21,4 %, что косвенно говорит о распространенности данных генотипов в разных странах. Из полученных данных видно, что на предприятии АО «Кировплем» среди отечественных быков преимущественно преобладают генотипы А1А2 и А1А1 – соответственно 54,2 и 33,3 %. Среди импортных быков также наибольший удельный вес имеют животные с генотипом А1А2 – 50 %, с генотипом А1А1 и А2А2 – по 25 %.

Аналогично проанализировали продуктивность матерей и дочерей в сравнении со сверстницами у быков, имеющих разные генотипы по бета-казеину (табл. 4).

Самые высокие показатели по удою имели матери быков с генотипом по бета-казеину А2А2 – 14482 кг, они превосходили другие группы на 502–665 кг, или 3,5–4,6 %, но эта разница статистически недостоверна. Наибольшая массовая доля жира в молоке – 4,49 % у матерей быков с генотипом по бета-казеину А1А2. Их превосходство составляет 0,27–0,33 %, что существенно выше других групп и статистически достоверно при P>0,999. Более высокой массовой долей белка (3,43 и 3,41 %) характеризуются матери быков с генотипом А1А1 и А1А2, которые статистически достоверно превосходят матерей быков с генотипом А2А2 на 0,11–0,13 %.

При сравнении дочерей со сверстницами было установлено, что наибольшую прибавку

по удою имели дочери от быков с генотипом А2А2 – 745 кг. Они достоверно превосходили дочерей быков с генотипом А1А1. Более высоким содержанием жира в молоке отличались дочери быков с генотипом А1А2, разница со сверстницами составила +0,17 %, а по белку лучшими были дочери быков с генотипом А2А2, их показатель был выше +0,11 %.

Таблица 4 – **Сравнительная характеристика голштинских быков с разными генотипами бета-казеина по молочной продуктивности матерей и дочерей в сравнении со сверстницами /**
Table 4 – **Comparative characteristics of Holstein bulls with different beta-casein genotypes for milk productivity of mothers and daughters in comparison with peers**

Показатель / Indicator		*Генотип / Genotype*		
		A1A1	*A1A2*	*A2A2*
Количество голов / Number of heads		19	35	14
Матери быков / Bull mothers	Удой, кг / Milk yield, kg	13817±449	13980±229	14482±374
	МДЖ, % / Mass fraction of fat	4,22±0,05	4,49±0,06*	4,16±0,08
	МДБ, % / Mass fraction of protein	3,43±0,04**	3,41±0,02**	3,30±0,03
	Молочный жир + молочный белок, кг / Milk fat + milk protein, kg	1060±41	1105±21	1077±20
Дочери быков ± к сверстницам / Daughters of bulls ± to their peers	Разница по удою, кг / Difference in milk yield, kg	+383±66	+717±82***	+745±93***
	Разница по МДЖ, % / Difference in mass fraction of fat, %	+0,09±0,03	+0,17±0,02	+0,14±0,06
	Разница по МДБ, % / Difference in mass fraction of protein, %	+0,06±0,02	+0,09±0,01	+0,11±0,02

Примечания: МДЖ – массовая доля жира; МБЖ – массовая доля белка; * достоверно при P>0,99 относительно генотипов А1А1 и А2А2, ** достоверно при P>0,99 относительно генотипа А2А2, *** достоверно при P>0,99 относительно генотипа А1А1 /

Notes: MFA – mass fraction of fat; MBP – mass fraction of protein; * reliable at P>0.99 relative to genotypes A1A1 and A2A2, ** reliable at P>0.99 relative to genotype A2A2, *** reliable at P>0.99 relative to genotype A1A1.

Наши результаты согласуются с данными М. А. Парамоновой, которая выявила положительное влияние аллеля А2 на величину удоя и качество молока [16]. В исследованиях С. О. Снигирев и другие установили, что коровы с бета-казеином А2А2 за 305 дней лактации имели более высокий удой [17].

Заключение. В целом в исследованиях, проведенных в Кировской области, выявлено, что на предприятии АО «Кировплем» у быков-производителей голштинской породы крупного рогатого скота преобладает генотип каппа-казеина АА, его имеют 34 быка (или 50,0 %), генотип АВ встречается у 21 быка (или 30,9 %), генотип ВВ – у 13 голов (или 19,1 %). При анализе встречаемости генотипов по бета-казеину было установлено, что преобладали быки, имеющие генотип А1А2 – всего 35 голов, или 51,5 %. Значительно меньше производителей с генотипом А1А1 и А2А2 соответственно 19 голов, или 27,9 % и 14 голов, или 20,6 %.

У быков голштинской породы с генотипом по каппа-казеину АВ установлены достоверно более высокие показатели у матерей по удою (14573 кг) и содержанию белка в молоке (3,47 %) и у дочерей по содержанию жира и белка в молоке в сравнении со сверстницами (+0,21 %, +0,12 %). Достоверно бóльшее содержание жира в молоке (4,49%) имели матери быков с генотипом по бета-казеину А1А2. Дочери быков с генотипами А2А2 и А1А2 были достоверно продуктивнее по удою, их превосходство составило соответственно +745 кг и +717 кг. Для повышения молочной продуктивности и улучшения качества молока в среднем по стаду следует увеличивать количество животных, полученных от быков с генотипами по каппа-казеину АВ и бета-казеину А1А2 и А2А2, их следует считать приоритетными при отборе и подборе.

Список литературы

1. Усманова Е. Н. Оценка и отбор коров по технологическим признакам. Современные научные тенденции в животноводстве, охотоведении и экологии: сб. ст. Межународ. научн.-практ. конф. Киров: Вятская ГСХА, 2013. С. 193-194.

2. Kuzyakina L., Usmanova E., Ostapchuk P. The relationship between the live weight of first calving and indicators of reproduction ability of cows with a milk yield of at least 9000 kg per lactation. XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022": Collection of materials of the 15th International Scientific Conference. Global Precision Ag Innovation 2022. Rostov-on-Don, 2023. Vol. 575. pp. 1821–1830. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21219-2_202

3. Кощаев А. Г., Гырнец Е. А. Частота встречаемости генотипов гена бета-казеина в популяции черно-пестрой голштинизированной породы крупного рогатого скота. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2021;(93):310–314. DOI: https://doi.org/10.21515/1999-1703-93-310-314 EDN: IZVXYG

4. Кремешков А. Ю., Горелик О. В. Голштинская порода крупного рогатого скота и ее значение в мировом скотоводстве. Молодежь и наука. 2020;(9):25. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45662632 EDN: VUJKEB

5. Кузякина Л. И., Фроликова К. Н., Мокерова Е. В. Характеристика быков-производителей голштинской породы с разным бета-казеином в АО "Кировплем". Зоотехническая наука в условиях современных вызовов: сб. тр. IV научн.-практ. конф. с международ. участием. Киров: Вятский ГАТУ, 2022. С. 80–83. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50040628 EDN: TIXWDV

6. Ивановский А. А., Пилип Л. В., Малых О. Г. Исследование ферментативной активности пробиотика Руменофит. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2004;(5):103-104.

7. Pashtetsky V., Ostapchuk P., Kuevda T., Zubochenko D., Yemelianov S., Uppe V. Use of phytobiotics in animal husbandry and poultry. E3S Web of Conferences. International Scientific Conference on Biotechnology and Food Technology, BFT 2020. Saint-Petersburg, 2020. Vol. 215. No. 02002. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021502002

8. Щукина И. В., Шуклин С. Ю., Кощаев А. Г. Генетическое разнообразие быков-отцов, формирующих генофонд высокопродуктивного поголовья. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020;(82):171–178. DOI: https://doi.org/10.21515/1999-1703-82-171-178 EDN: RVRTGA

9. Tuzov I. N., Ryadchikov V. G., Ratoshniy A. N., Kulikova N. I., Koshchaev A. G. Using holstein cattle in conditions of the Krasnodar territory. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2018;10(12):3160–3163.

10. Ахметов Т. М., Тюлькин С. В. Экономическая эффективность использования коров с разными генотипами каппа-казеина. Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2013;216:35–40. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20479869 EDN: RGEEQR

11. Gustavsson F., Buitenhuis A. J., Johansson M., Bertelsen H. P., Glantz M., Poulsen N. A., et al. Effects of breed and casein genetic variants on protein profile in milk from Swedish Red, Danish Holstein, and Danish Jersey cows. The Journal of Dairy Science. 2014;97(6):3866–3877. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2013-7312

12. Будько А. Э., Кощаев А. Г. Влияние аллелей каппа-казеина CSN3 на формирование молочной продуктивности первотелок голштинской породы. Современные проблемы в животноводстве: состояние, решения, перспективы: сб. ст. по мат-лам II Международ. научн.-практ. конф., посящ. 90-летию акад. В. Г. Рядчикова. Краснодар: Кубанский ГАУ им. И. Т. Трубилина, 2024. С. 325–331. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=wmlnqo EDN: WMLNQO

13. Егорашина Е. В., Тамарова Р. В. Оценка по молочной продуктивности коров разных пород с использованием генетических маркеров. Вестник АПК Верхневолжья. 2017;(1(37)):52–58. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29232076 EDN: YPRVED

14. Худякова Н. В., Кожевникова И. С., Щипакова Е. Н., Кондакова А. А., Калмыкова М. С. Частота встречаемости генотипов к-казеина и их влияние на молочную продуктивность коров холмогорской породы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024;25(1):75–81. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.1.75-81 EDN: CNPADL

15. Вельматов А. А., Трофимов В. А., Тельнов Н. О., Вельматов А. П. Изучение полиморфизма генов бета-лактоглобулина и каппа-казеина у коров красно-пестрой породы. Главный зоотехник. 2016;(1):23–27.

16. Парамонова М. А. Влияние полиморфизма гена молочного белка CSN2 на продуктивные качества скота чёрно-пёстрой породы. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023;(5(103)):300–305. DOI: https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-103-5-300-305 EDN: UWBTHV

17. Снигирев С. О., Ламонов С. А., Скоркина И. А., Гладырь Е. А. Молочная продуктивность коров-первотелок разных породных групп чёрно-пёстрого скота в зависимости от полиморфизма гена бета-казеина. Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023;(1(72)):86–89. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50420999 EDN: WDAMNU

References

1. Usmanova E. N. Evaluation and selection of cows based on technological characteristics. Modern scientific trends in animal husbandry, hunting and ecology: collection of articles of International scientific and practical conference. Kirov: *Vyatskaya GSKhA*, 2013. pp. 193–194.

2. Kuzyakina L., Usmanova E., Ostapchuk P. The relationship between the live weight of first calving and indicators of reproduction ability of cows with a milk yield of at least 9000 kg per lactation. XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022": Collection of materials of the 15th International Scientific Conference. Global Precision Ag Innovation 2022. Rostov-on-Don, 2023. Vol. 575. pp. 1821–1830. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21219-2_202

3. Koshchaev A. G., Gyrnets E. A. Occurrence of beta-casein genotypes in the population of black-and-white holstein dairy cattle. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021;(93):310–314. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21515/1999-1703-93-310-314

4. Kremeshkov A. Yu., Gorelik O. V. Holstein cattle breed and its significance in world cattle breeding. *Molodezh' i nauka* = Youth and science. 2020;(9):25. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45662632

5. Kuzyakina L. I., Frolikova K. N., Mokerova E. V. Characteristics of Holstein bulls with different beta-casein in Kirovplem JSC. Zootechnical science in the context of modern challenges: collection of articles of the IV scientific-practical conference with international participation. Kirov: *Vyatskiy GATU*, 2022. pp. 80–83. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50040628

6. Ivanovskiy A. A., Pilip L. V., Malykh O. G. Investigation of the enzymatic activity of the probiotic Rumenofit. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2004;(5):103–104. (In Russ.).

7. Pashtetsky V., Ostapchuk P., Kuevda T., Zubochenko D., Yemelianov S., Uppe V. Use of phytobiotics in animal husbandry and poultry. E3S Web of Conferences. International Scientific Conference on Biotechnology and Food Technology, BFT 2020. Saint-Petersburg, 2020. Vol. 215. No. 02002. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021502002

8. Shchukina I. V., Shuklin S. Yu., Koshchaev A. G. Genetic diversity of bulls-father forming a highly productive stock genous fund. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020;(82):171–178. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21515/1999-1703-82-171-178

9. Tuzov I. N., Ryadchikov V. G., Ratoshniy A. N., Kulikova N. I., Koshchaev A. G. Using holstein cattle in conditions of the Krasnodar territory. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2018;10(12):3160–3163.

10. Akhmetov T. M., Tjulkin S. V. Economic efficiency use of cows with different genotypes of kappa-casein. *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N. E. Baumana* = Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2013;216:35–40. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20479869

11. Gustavsson F., Buitenhuis A. J., Johansson M., Bertelsen H. P., Glantz M., Poulsen N. A., et al. Effects of breed and casein genetic variants on protein profile in milk from Swedish Red, Danish Holstein, and Danish Jersey cows. The Journal of Dairy Science. 2014;97(6):3866–3877. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2013-7312

12. Budko A. E., Koshchaev A. G. Realisation of genetic potential of dairy productivity of holstein first-calf heifers with different genotypes for the kappa-casein gene locus CSN3. Modern problems in animal husbandry: status, solutions, prospects: collection of articles on the materials of the II International scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of Academician V. G. Ryadchikov. Krasnodar: *Kubanskiy GAU im. I. T. Trubilina*, 2024. pp. 325–331. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=wmlnqo

13. Egorashina E. V., Tamarova R. V. Evaluationof different cow breeds on milk productivity with the use of genetic markers. *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya* = Bulletin of the AIC of the Upper Volga. 2017;(1(37)):52–58. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29232076

14. Khudyakova N. V., Kozhevnikova I. S., Shchipakova E. N., Kondakova A. A., Kalmykova M. S. Frequency of occurrence of k-casein genotypes and their effect on the milk productivity of kholmogory cows. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(1):75–81. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.1.75-81

15. Velmatov A. A., Trofimov V. A., Telnov N. O., Velmatov A. P. The study of polymorphism of beta-lactoglobulin and kappa-casein genes in cows of red-and-white breed. *Glavnyy zootekhnik* = Head of Animal Breeding. 2016;(1):23–27. (In Russ.).

16. Paramonova M. A. Influence of polymorphism of the milk protein csn2 gene on the productive qualities of black-and-white cattle. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2023;(5(103)):300–305. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-103-5-300-305

17. Snigirev S. O., Lamonov S. A., Skorkina I. A., Gladyr E. A. Milk productivity of cows of different genotypic groups of black-and-white cattle depending on the polymorphism of the beta-casein gene. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023;(1(72)):86–89. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50420999

Сведения об авторах

✉ **Кузякина Людмила Ивановна**, кандидат с.-х. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет», Октябрьский проспект, 133, г. Киров, Российская Федерация, 610017, e-mail: info@vgatu.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1503-484X**, e-mail: klikirov43@mail.ru

Усманова Елена Николаевна, кандидат с.-х. наук, доцент, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет», Октябрьский проспект, 133, г. Киров, Российская Федерация, 610017, e-mail: info@vgatu.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0744-4603**

Смирнов Егор Алексеевич, студент 3-го курса, ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет», Октябрьский проспект, 133, г. Киров, Российская Федерация, 610017, e-mail: info@vgatu.ru

Мокерова Елена Владимировна, начальник отдела по племенной работе, АО «Кировское» по племенной работе», ул. Земская, д. 38, п. Захарищевы, г. Киров, Кировская обл., 610051, e-mail: kirovplem@yandex.ru, **ORCID: https://orcid.org/0009-0007-0149-7214**

Information about the authors

✉ **Ludmila I. Kuzyakina**, PhD in Agricultural Science, associate professor, Vyatka State Agrotechnological University, Oktyabrsky Prospekt, 133, Kirov, Russian Federation, 610017, e-mail: info@vgatu.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1503-484X**, e-mail: klikirov43@mail.ru

Elena N. Usmanova, PhD in Agricultural Science, associate professor, senior researcher, Vyatka State Agrotechnological University, Oktyabrsky Prospekt, 133, Kirov, Russian Federation, 610017, e-mail: info@vgatu.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0744-4603**

Egor A. Smirnov, 3rd year student, Vyatka State Agrotechnological University, Oktyabrsky Prospekt, 133, Kirov, Russian Federation, 610017, e-mail: info@vgatu.ru

Elena V. Mokerova, Head of the Department for Breeding Farm Animals, Kirov Joint Stock Company for breeding work, Zemskaya str., 38, Zakharishchevy village, Kirov, Kirov region, Russian Federation, 610051, e-mail: kirovplem@yandex.ru, **ORCID: https://orcid.org/0009-0007-0149-7214**

✉ – Для контактов / Corresponding author