

СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ / PLANT BREEDING, SEED PRODUCTION AND BIOTECHNOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.133>

СОПРЯЖЕННОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА МОЛОКА ГОЛШТИНИЗИРОВАННЫХ КОРОВ

Научная статья

Карликова Г.Г.^{1,*}, Сермягин А.А.², Лашнева И.А.³

¹ORCID : 0000-0002-9021-1404;

²ORCID : 0000-0002-1799-6014;

^{1, 2, 3}Федеральный исследовательский центр животноводства имени Л. К. Эрнста, Дубровицы, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (karlikovagalina[at]yandex.ru)

Аннотация

В статье представлены материалы по изучению связи между биомаркерами состава молока как фенотипических маркеров, отражающих энергетический статус коровы, процессы метаболизма, состояние здоровья. Данные по составу молока коров голштинской породы получены в опытном стаде ПЗ «Ладожский» (филиал ВИЖ им. Л.К. Эрнста). Компонентный состав молока коров определяли в лаборатории селекционного контроля качества молока ВИЖ им. Л.К. Эрнста на автоматическом анализаторе CombiFoss 7 DC. Суточная продуктивность в среднем составила 22,8 кг молока, массовые доли: жира – 3,88, общего белка – 3,51, лактозы – 4,83, казеина – 2,82 %% (p<0,001). Содержание мочевины в молоке в среднем составило 31,36 мг×100 мл⁻¹, ацетона – 0,06 ммоль/л, бета-гидроксимасляной кислоты – 0,02 ммоль/л, точка замерзания – 532,3×10⁻³ °C (p <0,001). Количество соматических клеток в молоке составляет 767,2 тыс. ед., дифференциация соматических клеток в среднем – 62,8% (p <0,001). Коэффициент корреляции между массовой долей жира и сухим веществом составил 0,93, массовой долей жира и жирными кислотами высоко достоверными и составили от 0,83 до 0,94. Средние положительные, но высоко достоверные значения коэффициента корреляции отмечаются между общим и истинным белком и МДЖ% (0,52;0,53), казеином и МДЖ% (0,57). Статистически значимой умеренной положительной корреляции между суточным удоем и массовой долей лактозы (0,32); МДЖ% и трансизомерами (0,31). А также массовыми долями истинного и общего белка, СОМО, сухим веществом, казеином и отдельными жирными кислотами от 0,3 до 0,49, мочевиной и точкой замерзания (0,37), между жирными кислотами от 0,34 до 0,49, КСК и ДКСК (0,39). Имеется отрицательная корреляция между суточным удоем и основными селекционными признаками – МДЖ и МДБ, соответственно, -0,27 и -0,44.

Ключевые слова: голштинская порода, суточная продуктивность, компонентный состав молока, молочный жир, молочный белок, коэффициент корреляции.

CORRELATION OF COMPONENT COMPOSITION OF MILK OF HOLSTEINISED COWS

Research article

Karlikova G.G.^{1,*}, Sermyagin A.A.², Lashneva I.A.³

¹ORCID : 0000-0002-9021-1404;

²ORCID : 0000-0002-1799-6014;

^{1, 2, 3}Federal Research Center for Animal Husbandry named after L. K. Ernst, Dubrovitsy, Russian Federation

* Corresponding author (karlikovagalina[at]yandex.ru)

Abstract

The article presents materials on the study of the correlation between biomarkers of milk composition as phenotypic markers reflecting the energy status of the cow, metabolic processes, and health status. The data on milk composition of Holstein cows were obtained in the experimental herd of Ladozhsky breed (branch of All-Russian Research Institute of Animal Husbandry named after Academician L.K. Ernst). Component composition of cow milk was determined in the laboratory of selection control of milk quality of the All-Russian Research Institute of Animal Husbandry named after Academician L.K. Ernst on an automatic analyser CombiFoss 7 DC. Daily productivity averaged 22.8 kg of milk, mass fractions: fat – 3.88, total protein – 3.51, lactose – 4.83, casein – 2.82 %% (p<0.001). The urea content of milk averaged 31.36 mg×100 ml⁻¹, acetone 0.06 mmol/l, beta-hydroxybutyric acid 0.02 mmol/l, freezing point 532.3×10⁻³ °C (p<0.001). The number of somatic cells in milk was 767.2 thousand units, somatic cell differentiation averaged 62.8% (p <0.001). The correlation coefficient between the mass fraction of fat and dry matter was 0.93, the mass fraction of fat and fatty acids were highly reliable and ranged from 0.83 to 0.94. Moderate positive, but highly reliable values of the correlation coefficient were observed between total and true protein and MWA% (0.52;0.53), casein and MWA% (0.57). Statistically significant moderate positive correlation between daily milk yield and mass fraction of lactose (0.32); MJ% and trans-isomer (0.31). And also mass fractions of true and total protein, MSNF, dry matter, casein and individual fatty acids from 0.3 to 0.49, urea and freezing point (0.37), between fatty acids from 0.34 to 0.49, HSC and DHSC (0.39). There is a negative correlation between daily milk yield and the main breeding traits – MJ and MJB, respectively, -0.27 and -0.44.

Keywords: Holstein breed, daily productivity, milk component composition, milk fat, milk protein, correlation coefficient.

Введение

В настоящее время совокупное увеличение удоя, улучшение качества молока и функциональных признаков животных (долголетие, фертильность, здоровье) являются основной целью многих программ разведения [1].

Современный молочный скот отличается более высокой молочностью по сравнению с теми животными, что разводили 20-30 лет назад, поэтому требуется другой подход к управлению стадом, принятие новых селекционно-генетических решений [2].

Для молочного животноводства большое значение имеет состав молока, т.к. он определяет как экономическую ценность молока, так и информирует о физиологическом статусе коровы. Современные методы измерения компонентов молока в процессе доения позволяют получать актуальную информацию о текущем состоянии здоровья и продуктивности каждой коровы в отдельности при общем мониторинге стада в целом, что дает возможность повышения эффективности менеджмента или управления [3]. Компонентный состав молока в достаточной мере подвержен влиянию факторов окружающей среды, в этой связи определение биомаркеров состава молока как фенотипических маркеров, отражающих энергетический статус коровы, процессы метаболизма, состояние здоровья и питательность рациона, могут служить простым инструментом в оценке менеджмента стада.

Массовая доля жира в молоке коров меняется в пределах от 3,0 до 6,0%, но чаще находится от 3,5 до 4,7%. Около 98% молочного жира составляют триглицериды, которые представляют собой сложную смесь и именно они оказывают существенное и прямое влияние на свойства молочного жира. Молочный жир среди пищевых жиров имеет самый сложный жирно кислотный состав. Некоторые из жирных кислот содержатся в очень малых количествах, но вносят свой вклад в уникальный и желательный вкус молочного жира и масла. Например, β – гидроксиджирные кислоты – C14:0 и C16:0, самопроизвольно образуют лактоны при нагревании, которые усиливают вкус сливочного масла [4].

Изучение влияния добавок на структурный состав молочного жира и соотношение жирных кислот широко исследуется зарубежными и отечественными авторами как один из возможных инструментов повышения питательной ценности получаемого молока с улучшенными технологическими качествами для дальнейшей переработки [5], [6].

Как известно, белки молока синтезируются в молочной железе, но 60% аминокислот, используемых для построения белков, коровы получают из рациона. Содержание общего молочного белка и аминокислотный состав варьируются в зависимости от породы коровы и индивидуальных генетических особенностей животных. В коровьем молоке примерно 82% молочного белка составляет казеин, а остальные 18% – сывороточный белок [7].

В настоящее время помимо увеличения надоев, повышения содержания белка и жира в молоке все больше внимания уделяется качественным параметрам состава молока. Так, исследователи связывают низкую вариабельность содержания лактозы в молоке с физиологическими процессами в молочной железе, а также отмечают отрицательные фенотипические корреляции с числом соматических клеток и маститом, в связи с этим изменения лактозы в молоке в течение жизни коровы рассматривают как «индикатор памяти молочной железы» [8].

Молочная железа коров до 90% подвержена влиянию средовых условий и число соматических клеток в молоке зависит от состояния здоровья животного, стадии лактации, условий содержания и технологии доения. Ключевым индикатором, который используется для выявления случаев возникновения мастита субклинической и клинической форм в молочных стадах является количество соматических клеток (КСК). Нарушение структурно-механических свойств молока снижает качество молочных продуктов, т.к. повышается вероятность увеличения содержания влаги, появление горького вкуса, снижение пригодности консистенции [9], [10].

Ряд исследований показал, что помимо определения общего количества соматических клеток (КСК), включение в анализ дифференциации их числа (ДКСК) дает более точное описание состояния здоровья вымени молочных коров и диагностики или прогнозирования в дальнейшем возникновения маститов [11].

Такие показатели, как содержание мочевины, ацетона, бета-гидроксимасляной кислоты и точка замерзания отражают реакцию животного не только на изменение рациона, но и на метаболические нарушения в организме животного. Отслеживание в молоке концентраций вышеуказанных метаболитов может помочь в вопросе мониторинга физиологического статуса коровы в течение всей лактации [12], [13], [14]. Мочевина молока является признаком с низкой наследуемостью и повторяемостью, ее корреляции с другими показателями молочной продуктивности колеблются от низкой до умеренной [15], [16].

При селекции по многим признакам очень важно знать связь между ними. По мнению Л.К. Эрнста (1995) «...важно, прежде всего, изучение фенотипических корреляций, например между удоем и содержанием жира, между удоем и содержанием белка в молоке, а также между жирномолочностью и белковомолочностью и т.д.» [17].

При наличии положительной корреляции между сравниваемыми признаками отбор по каждому из них автоматически приводит к улучшению одного из них. При отрицательных корреляциях селекция может привести к снижению одного из признаков. Из-за отсутствия связи, можно утверждать, что отбор животных по основному признаку не влияет на развитие других признаков [19].

В работе автора отмечалось, что корреляция между продуктивностью (удоем) и жиром была высокой ($r=1,94$) [20]. Исследование, проведенное Шендаковым А. И. и Шендаковой Т.А. показало, что наиболее высокая связь между количеством молока и его жирностью была зафиксирована у первотёлок ($r = 0,395$) [21].

Согласно результатам исследований, проведенных Г. В. Мкртчян, уровень содержания белка в молочном жире и белке практически не изменяется, а взаимосвязь содержания жира и белка является положительной и высоко достоверной [22].

Таким образом, совокупность мер по организации менеджмента стада (кормления, содержания и доения), своевременное проведение ветеринарных мероприятий и контроля физиологического состояния могут способствовать достижению максимальных результатов реализации продуктивного и генетического потенциала животных.

Методы и принципы исследования

Экспериментальные результаты по составу молока коров голштинской породы получены в опытном стаде ПЗ «Ладожский» (филиал ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, Краснодарский край). Компонентный состав молока коров определяли в лаборатории селекционного контроля качества молока ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста на автоматическом анализаторе CombiFoss 7 DC (Фирма «FOSS», Дания), который определяет 25 показателей и состоит из MilkoScan и Fossomatic 7 DC.

Общая база данных коров опытного хозяйства включает 12313 наблюдений. Пробы молока отбирали при проведении контрольных доек в пластиковые стаканчики (объемом 50 мл), при этом использовался консервант «Microtabs» (США).

Созданная база данных компонентного состава молока явилась основой для изучения популяционно-генетических параметров и определения изменчивости содержания в молоке массовой доли жира, белка, казеина, лактозы, сухого вещества, сухого обезжиренного молочного остатка, следов ацетона и бета-гидроксипропионата, концентрации мочевины, точки замерзания, кислотности, ряда жирных кислот, трансизомеров жирных кислот, количества соматических клеток.

Средние значения и их стандартные ошибки для изученных показателей рассчитывали с использованием пакета «Анализ данных» в среде MS Excel 2013. Для выявления степени зависимости одного показателя от другого использовали метод статистического исследования – корреляционный анализ.

По результатам исследований с помощью инфракрасной спектроскопии молока в условиях опытного стада ПЗ «Ладожский» нами создана база данных прямых фенотипов коров голштинской породы.

Исследования выполнены в рамках темы ГЗ Минобрнауки FGGN-2024 – 0013, регистрационный № 124020200029-4.

Результаты и обсуждение

Результаты комплексного анализа молока позволили получить сведения о состоянии обмена веществ в организме коров. Баланс рубцового пищеварения имеет основополагающее значение как для получения качественной продукции в большем количестве, так и для гарантий состояния здоровья и благополучия животных [23].

Суточная молочная продуктивность коров голштинской породы и компонентный состав показателей молока в среднем и в диапазоне значений представлены в таблице 1.

Анализируя полученные образцы молока, мы пришли к выводу, что суточная продуктивность в среднем составила 22,8 кг молока, массовые доли: жира – 3,88, общего белка – 3,51, лактозы – 4,83, казеина – 2,82 %% (p < 0,001).

В стаде увеличивается число коров, имеющих повышенную жирность и белокмолочность, а также сочетающих высокие удои с пониженной жирностью и белком. Одновременно, количество животных, сочетающих пониженные удои и содержание процента жира с повышенной белковостью молока, также увеличивается.

Содержание в молоке с высокой достоверностью мочевины в среднем $31,36 \text{ мг} \times 100 \text{ мл}^{-1}$, ацетона – 0,06 ммоль/л, бета-гидроксимасляной кислоты – 0,02 ммоль/л, точка замерзания – $532,3 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}$. Количество соматических клеток в молоке высокое и достоверно составляет 767,2 тыс. ед., дифференциация соматических клеток в среднем – 62,8%.

Таблица 1 - Суточная молочная продуктивность и компонентный состав молока коров голштинской породы в опытном стаде ПЗ «Ладожский»

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.133.1>

Показатели	Единицы измерения	Значение		
		M±m	min	max
Количество проб/гол.	штук	8,9	5,0	12,0
Суточный удой	кг	22,8±6,8***	1,5	49,0
МДЖ	%	3,88±0,97***	0,73	6,94
МДБ(истинный)	%	3,35±0,47***	2,07	4,84
МДБ(общий)	%	3,51±0,43***	2,28	4,89
МДЛ	%	4,83±0,21***	4,06	5,49
СОМО	%	9,20±0,51***	7,53	10,76
СВ	%	12,99±1,23***	9,11	17,00
МДК	%	2,82±0,39***	1,71	4,05
Ацетон	ммоль/л	0,06±0,07***	-0,12	1,38
БГБ	ммоль/л	0,02±0,04***	-0,09	0,67
Мочевина	мг×100 мл ⁻¹	31,36±9,38***	4,3	58,9
Точка замерзания	(×-10 ⁻³ °C)	532,3±9,9***	493,0	566,0
Кислотность	pH	6,6±0,06***	6,34	6,78
C14:0	г/100 г	0,39±0,10***	0,111	0,735
C16:0	г/100 г	0,94±0,24***	0,241	1,782

Показатели	Единицы измерения	Значение		
		Среднее	Станд. откл.	Среднее
С18:0	г/100 г	0,32±0,1***	0,0	0,669
С18:1	г/100 г	1,14±0,27***	0,206	2,158
ДЦЖК	г/100 г	1,44±0,42***	0,064	2,775
СЦЖК	г/100 г	1,47±0,39***	0,398	2,759
МНЖК	г/100 г	1,09±0,26***	0,225	2,069
ПНЖК	г/100 г	0,13±0,03***	0,027	0,224
НЖК	г/100 г	2,50±0,67***	0,403	4,618
КЦЖК	г/100 г	0,50±0,15***	0,02	0,984
ТЖК	г/100 г	0,09±0,04***	0,0	0,213
КСК	тыс. ед.	767,2±1260,1***	3,0	9829
ДКСК	%	62,8±26,70***	0,0	97,3

Примечание: *** - $p < 0,001$; $n=12313$ образцов

Несмотря на то, что существует достаточно информации о коэффициентах корреляционной зависимости между признаками, остается множество вопросов в связи с этими данными, так как они затрагивают все важные вопросы селекции [24], [25]. Одна из проблем заключается в том, насколько правомерно использовать простую модель для прогнозирования продуктивности.

На рисунке 1 представлены фенотипические корреляции компонентного состава биомаркеров молока коров исследуемой выборки стада ПЗ «Ладожский».

Расчет «значимости взаимосвязи» (достоверность корреляции) проведен по всем биомаркерам и в большинстве связи достаточно высоко достоверны. Рассчитанная нами величина коэффициентов корреляции показывает разнообразный характер этих связей.

Чем больше положительных корреляций между признаками, тем легче и эффективнее их использовать для отбора [26].

Анализируя по показателям компонентного состава молока коэффициенты корреляции, необходимо отметить, что высоко достоверный и сильный положительный коэффициент корреляции между массовой долей жира и сухим веществом составил 0,93.

Совокупность коэффициентов корреляций между массовыми долями жира и жирowymi кислотами оказалась очень тесной и высоко достоверной, достигнув уровня 0,84-0,94 соответственно.

Взаимосвязи массовых долей истинного и общего белка, а также казеина достигли очень высокого и достоверного значения и равны 1,0. Наивысшая корреляция между массовым содержанием истинного белка и сухого обезжиренного молочного остатка составила 0,8.

Статистически достоверен высокий показатель корреляции между массовой долей молочного белка и сухим обезжиренным молочным остатком, равный 0,9. Положительные коэффициенты корреляции сухого вещества с показателями жирных кислот молока взаимосвязаны в диапазоне от высоких значений (0,75) до очень высоких (0,91).

Показатели жирных кислот молока с высокой достоверностью коррелируют между собой и составляют от сильных 0,7 до очень высоких 0,98.

Исследователи уделяют большое внимание изучению взаимосвязи между жиром и белком в молоке [27], [28], [29]. Для этого необходимо найти возможность увеличить один компонент при селекции, основанной на другом показателе.

При анализе полученных нами данных отслеживается зависимость между показателями МЖД и МДБ, то есть при возрастании значения жира происходит увеличение белка в молоке, и наоборот. Средние положительные, но высоко достоверные значения коэффициента корреляции отмечаются между общим и истинным белком и МДЖ% (0,52;0,53), казеином и МДЖ% (0,57).

Для жирных кислот связь с МДЖ ожидаемо была позитивно тесной и составляла 0,66-0,97, за исключением ТЖК (0,31).

Между СОМО, сухим веществом, казеином и отдельными жирными кислотами корреляция средняя и составила от 0,51 до 0,67, трансжирами и отдельными жирными кислотами 0,57-0,6.

Между отдельными жирными кислотами достоверно выявлена средняя корреляционная взаимосвязь в диапазоне от 0,53 до 0,67.

Интересным представляется выявленное в ходе нашего анализа наличие статистически значимой умеренной положительной корреляции между суточным удоем и массовой долей лактозы (0,32); МДЖ% и трансизомерами (0,31). А также массовыми долями истинного и общего белка, СОМО, сухим веществом, казеином и отдельными жирными кислотами от 0,3 до 0,49, мочевиной и точкой замерзания (0,37), между жирными кислотами от 0,34 до 0,49, КСК и ДКСК (0,39).

При отрицательной фенотипической корреляции увеличение одного показателя влечет за собой уменьшение другого [30].

Когда наблюдается отрицательная зависимость между хозяйственно-полезными свойствами, требуется проводить селекцию одновременно по обоим признакам для постепенного изменения отрицательной связи в положительную между ними.

Для исследования возможности селекционной работы по уровню белка в животноводстве большое значение имеет выявление корреляций между удоем и количеством белка в молоке.

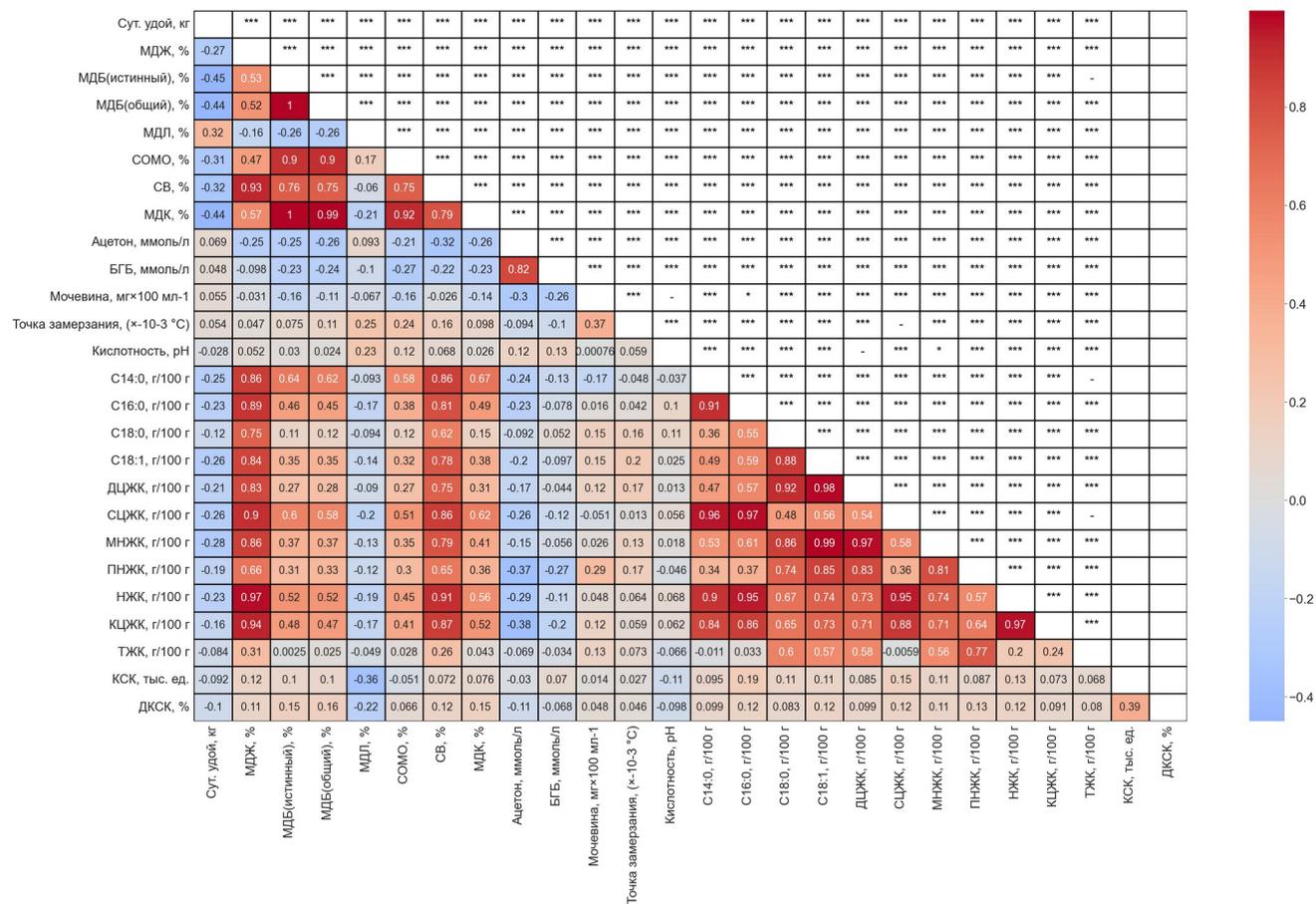


Рисунок 1 - Фенотипические корреляции между показателями компонентного состава молока коров исследуемой выборки стада ПЗ «Ладожский»
 DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.133.2>

Имеется статистически значимая отрицательная корреляция между суточным удоем и основными селекционными признаками – МДЖ и МДБ, соответственно, -0,27 и -0,44.

Для каждого стада характерны различные генетические типы, которые сочетают высокие удои и низкий жир, а также такие животные, как те, у кого при высоком удое наблюдается повышенное количество жира в молочной продукции. Очевидно, что отбор в таком стаде даст ощутимые сдвиги по обоим показателям.

Аналогичным образом в этом исследовании наблюдалась достоверно отрицательная корреляционная связь между показателем суточного удоя и массовыми долями истинного и общего белка, казеина -0,44-0,45, и между КСК и МДЛ - 0,36.

Полученный материал показывает, что по метаболитам обмена веществ наблюдались отрицательные взаимосвязи с основными компонентами молока для ацетона и БГБ, тогда как для концентрации мочевины они практически отсутствовали.

Заключение

Таким образом, для оказания влияния на повышение значений положительных корреляций между желаемыми для нас признаками и, в итоге, на возможный рост показателей молочной продуктивности у животных, сочетающих желательные качества, необходимо проводить отбор таких быков-производителей и конъюгацию с животными, сочетающими повышенные показатели уровня молочной продуктивности с качественными характеристиками. В хозяйстве ведется целенаправленная работа по внедрению в стаде крупного рогатого скота индивидуального подбора родительских пар для получения более однородного в генетическом выражении потомства с целью дальнейшего изучения процесса наследования количественных признаков, в том числе и показателей компонентного состава молока. Мы считаем, что это позволит нам проводить оценку генотипа будущих коров на основе фенотипирования хозяйственно-полезных качеств каждого животного с более высокой точностью.

Финансирование

Исследования выполнены в рамках темы ГЗ Минобрнауки FGGN-2024 – 0013, регистрационный № 124020200029-4.

Благодарности

Авторы выражают благодарность специалистам ПЗ «Ладозжский» (филиал ВИЖ им. Л.К. Эрнста) Краснодарский край.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

The research was carried out within the framework of the theme of the State Program of the Ministry of Education and Science FGGN-2024 – 0013, registration No. 124020200029-4.

Acknowledgement

The authors express their gratitude to the specialists of the Ladozhsky BP (All-Russian Research Institute of Animal Husbandry named after Academician L.K. Ernst) Krasnodar Krai.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Харитонов С.Н. Динамика изменения основных показателей в популяции черно-пестрого скота Российской Федерации / С.Н. Харитонов, Е.Е. Мельникова, О.Ю. Осадчая [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. — 2018. — № 7. — С. 13–17.
2. Сермягин А.А. Морфологический состав соматических клеток в молоке коров как критерий оценки здоровья молочной железы в связи с продуктивностью и компонентами молока / А.А. Сермягин, И.А. Лашнева, А.А. Косицин [и др.] // Сельскохозяйственная биология. — 2021. — Т. 56. — № 6. — С. 1183–1198. — DOI: 10.15389/agrobiology.2021.6.1183rus.
3. Aernouts B. Visible and nearinfrared spectroscopic analysis of raw milk for cow health monitoring: Reflectance or transmittance? / B. Aernouts, E. Polshin, J. Lammertyn [et al.] // Journal of Dairy Science. — 2011. — № 94. — P. 5315–5329. — DOI: 10.3168/jds.2011-4354.
4. Hanuš O. Role of fatty acids in milk fat and the influence of selected factors on their variability – a review / O. Hanuš, E. Samková, L. Křížová [et al.] // Molecules. — 2018. — № 23(7). — P. 1636. — DOI: 10.3390/molecules23071636.
5. Brady E.L. The effect of concentrate feeding strategy and dairy cow genotype on milk production, pasture intake, body condition score and metabolic status under restricted grazing conditions / E.L. Brady, E.T. Kelly, M.B. Lynch [et al.] // Livestock Science. — 2022. — Vol. 256. — P. 1–11. — DOI: 10.1016/j.livsci.2021.104815.
6. Миколайчик И.Н. Зоотехническая целесообразность применения энергетических добавок в рационах высокопродуктивных коров / И.Н. Миколайчик, Л.А. Морозова, Л.Ю. Овчинникова [и др.] // Вестник Курганской ГСХА. — 2021. — №4. — С.47–52. — DOI: 10.52463/22274227_2021_40_47.
7. Сычева О.В. Молоко: качество, состав, свойства. Проблемы и решения / О.В. Сычева. — Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2014. — 145 с.

8. Costa A. Heritability and repeatability of milk lactose and its relationships with traditional milk traits, somatic cell score and freezing point in Holstein cows / A. Costa, N. Lopez-Villalobos, G. Visentin [et al.] // *Animal*. — 2019. — №13. — P. 909–916. — DOI: 10.1017/S1751731118002094.
9. Щепеткина С.В. Мастит: этиология, профилактика, диагностика, лечение / Учебное пособие / С.В. Щепеткина. — СПб.: Издательство ФГОУ ВО СПбГАВМ, 2020. — 308 с.
10. Скопичев В.Г. Факторы возникновения и формы течения мастита. Мастит: этиология, профилактика, диагностика, лечение / В.Г. Скопичев, К.В. Племяшов, С.В. Щепеткина [и др.]. — СПб.: Издательство ФГОУ ВО СПбГАВМ, 2020. — С. 64–82.
11. Pilla R. Differential cell count as an alternative method to diagnose dairy cow mastitis / R. Pilla, V. Dapra, A. Zecconi [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 2013. — № 95 (8). — P. 4410–4420.
12. Luke T.D.W. Metabolic profiling of early-lactation dairy cows using milk mid-infrared 179spectra / T.D.W. Luke, S. Rochfort, W.J. Wales [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 2018. — Vol. 102. — Iss. 2. — P. 1747–1760. — DOI: 10.3168/jds.2018-15103.
13. Kostensalo J. Short communication: Predicting blood plasma non-esterified fatty acid and beta-hydroxybutyrate concentrations from cow milk — addressing systematic issues in modelling / J. Kostensalo, M. Lidauer, B. Aernouts [et al.] // *Animal*. — 2023. — Vol. 17. — Iss. 9. — P. 100912. — DOI: 10.1016/j.animal.2023.100912.
14. Alemu T.W. Reproductive performance of lactating dairy cows with elevated milk β -hydroxybutyrate levels during first 6 weeks of lactation / T.W. Alemu, D.E. Santschi, R.I. Cue [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 2023. — Vol. 106 (7). — P. 5165–5181. — DOI: 10.3168/jds.2022-22406.
15. Ma L. Estimation of genetic parameters and single-step genome-wide association studies for milk urea nitrogen in Holstein cattle / L. Ma, H. Luo, L.F. Brito [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 2023. — Vol. 106. — Iss. 1. — P. 352–363.
16. Buitenhuis A.J. Estimation of heritability for milk urea and genetic correlations with milk production traits in 3 Danish dairy breeds / A.J. Buitenhuis, N.A. Poulsen // *Journal of Dairy Science*. — 2023. — Vol. 106. — P. 5562–5569.
17. Логинов Ж.Г. Взаимосвязь хозяйственно-полезных признаков у коров с различным уровнем молочной продуктивности / Ж.Г. Логинов, С.А. Брагинец // *Материалы I Всероссийской научно-практической конференции «АПК: Проблемы, состояние, развитие»*. — СПбГАУ, 2011. — С. 47–51.
18. Мухтарова О.М. Взаимосвязь признаков молочной продуктивности коров при интенсивной селекции / О.М. Мухтарова // *Международный научно-исследовательский журнал*. — 2022. — № 11 (125). — С. 1–5. — DOI: 10.23670/IRJ.2022.125.60.
19. Федосеева Н.А. Связь между признаками молочной продуктивности в стаде голштинизированных коров черно-пестрой породы / Н.А. Федосеева, В.П. Усов, Д.А. Шепинёв // *Главный зоотехник*. — 2020. — № 7. — DOI: 10.33920/sel-03-2007-03 panor.ru.
20. Carabano M.J. Estimation of genetic parameters for milk and fat yields of dairy cattle in Spain and the United States / M.J. Carabano, V.J. Carabano, L.D. Van Vieck [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 1989. — № 72 (11). — P. 3013–3022.
21. Шендаков А.И. Влияние генетических и средовых факторов на интенсивность роста и молочную продуктивность черно-пестрого голштинизированного скота / А.И. Шендаков, Т.А. Шендакова // *Вестник Орел-ГАУ*. — 2010. — № 5. — С. 83–90.
22. Мкртчян Г.В. Корреляция между показателями количественных и качественных признаков молочной продуктивности у коров голштинской породы с разным уровнем белка в молоке / Г.В. Мкртчян, Ф.Р. Бакай // *Вестник АПК Верхневолжья*. — 2023. — № 1 (61). — С. 90–96. — DOI: 10.35694/YARCX.2023.61.1.011.
23. Aguilar M. Cow and herd variation in milk urea nitrogen concentrations in lactating dairy cattle / M. Aguilar, M.D. Hanigan, H.A. Tucker [et al.] // *Journal of Dairy Science*. — 2012. — № 95. — P. 7261–7268. — DOI: 10.3168/jds.2012-5582.
24. Зибров А.М. Корреляция между показателями молочной продуктивности у коров-первотелок голштинской породы в условиях Московской области / А.М. Зибров // *Актуальные вопросы современной науки и образования: сб. статей XVIII Международ. науч.-практ. конф.* — Пенза, 2022. — С. 63–65.
25. Троценко И.В. Параметры корреляционной взаимосвязи продуктивных признаков молочного скота / И.В. Троценко, И.П. Иванова // *Молочнохозяйственный вестник*. — 2022. — № 1. — С. 116–127.
26. Кадзаева З.А. Изменчивость и корреляция признаков молочной продуктивности коров / З.А. Кадзаева // *Известия Горского ГАУ*. — 2021. — Т. 58-2. — С. 87–90.
27. Сермягин А.А. Биомаркеры состава молока коров: использование в селекции и менеджменте стада / А.А. Сермягин, Н.А. Зиновьева, А.Н. Ермилов // *Международный семинар «Геномные биотехнологии для сельского хозяйства» (животноводство)*. ИГиЦ НАН Беларуси. — 2019. — URL: https://www.vij.ru/images/conf-19/6_2003_Minsk/Sermyagin_MINSK_VIZh_2019.pdf (дата обращения: 08.07.2024).
28. Иванова Д.А. Корреляционная зависимость между массовой долей жира и массовой долей белка в коровьем молоке / Д.А. Иванова // *Эффективное животноводство*. — 2023. — № 5 (187). — С. 10–11.
29. Haibo L. Phenotypic and genetic effects of season on milk production traits in dairy cattle in the Netherlands / L. Haibo, W. Yachun, B. Henk // *Journal of Dairy Science*. 2020. — Vol. 104. — Iss. 4. — P. 4486–4497.
30. Баврина А.П. Современные правила применения корреляционного анализа / А.П. Баврина, И.Б. Борисов // *Медицинский альманах*. — 2021. — № 3. — С. 70–79.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Haritonov S.N. Dinamika izmenenija osnovnyh pokazatelej v populacii cherno-pestrogo skota Rossijskoj Federacii [Dynamics of changes in the main indicators in the population of black-breed cattle of the Russian Federation] / S.N. Haritonov, E.E. Mel'nikova, O.Ju. Osadchaja [et al.] // *Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo [Dairy and Beef Cattle Breeding]*. — 2018. — № 7. — P. 13–17. [in Russian]

2. Sermjagin A.A. Morfologičeskij sostav somatičeskikh kletok v moloke korov kak kriterij ocenki zdorov'ja moločnoj zhelezy v svjazi s produktivnost'ju i komponentami moloła [Morphological composition of somatic cells in the milk of cows as a criterion for assessing the health of the mammary gland in relation to productivity and milk components] / A.A. Sermjagin, I.A. Lashneva, A.A. Kosicin [et al.] // Sel'skohozjajstvennaja biologija [Agricultural Biology]. — 2021. — Vol. 56. — № 6. — P. 1183–1198. — DOI: 10.15389/agrobiologija.2021.6.1183rus. [in Russian]
3. Aernouts B. Visible and nearinfrared spectroscopic analysis of raw milk for cow health monitoring: Reflectance or transmittance? / B.Aernouts, E. Polshin, J. Lammertyn [et al.] // Journal of Dairy Science. — 2011. — № 94. — P. 5315–5329. — DOI: 10.3168/jds.2011-4354.
4. Hanuš O. Role of fatty acids in milk fat and the influence of selected factors on their variability – a review / O. Hanuš, E. Samková, L. Křížová [et al.] // Molecules. — 2018. — № 23(7). — P. 1636. — DOI: 10.3390/molecules23071636.
5. Brady E.L. The effect of concentrate feeding strategy and dairy cow genotype on milk production, pasture intake, body condition score and metabolic status under restricted grazing conditions / E.L. Brady, E.T. Kelly, M.B. Lynch [et al.] // Livestock Science. — 2022. — Vol. 256. — P. 1–11. — DOI: 10.1016/j.livsci.2021.104815.
6. Mikolajchik I.N. Zootehnicheskaja celesoobraznost' primeneniya jenergetičeskikh dobavok v racionalah vysokoproduktivnyh korov [Zootechnical feasibility of energy supplements in the diets of high-yielding cows] / I.N. Mikolajchik, L.A. Morozova, L.Ju. Ovchinnikova [et al.] // Vestnik Kurganskoj GSHA [Bulletin of Kurgan State Agricultural Academy]. — 2021. — №4. — P.47–52. — DOI: 10.52463/22274227_2021_40_47. [in Russian]
7. Sycheva O.V. Moloko: kachestvo, sostav, svojstva. Problemy i reshenija [Milk: quality, composition, properties. Problems and solutions] / O.V. Sycheva. — Moscow; Berlin: Direkt-Media, 2014. — 145 p. [in Russian]
8. Costa A. Heritability and repeatability of milk lactose and its relationships with traditional milk traits, somatic cell score and freezing point in Holstein cows / A. Costa, N. Lopez-Villalobos, G. Visentin [et al.] // Animal. — 2019. — №13. — P. 909–916. — DOI: 10.1017/S1751731118002094.
9. Shhepetkina S.V. Mastit: jetiologija, profilaktika, diagnostika, lečenje / Učebnoe posobie [Mastitis: etiology, prevention, diagnosis, treatment / Training manual] / S.V. Shhepetkina. — SPB.: St. Petersburg: Publishing house of FSEI HE SPbSAVM, 2020. — 308 p. [in Russian]
10. Skopichev V.G. Faktory vozniknovenija i formy tečenija mastita. Mastit: jetiologija, profilaktika, diagnostika, lečenje [Factors of occurrence and forms of course of mastitis. Mastitis: etiology, prevention, diagnosis, treatment] / V.G. Skopichev, K.V. Plemjashov, S.V. Shhepetkina [et al.]. — SPB.: St. Petersburg: Publishing house of FSEI HE SPbSAVM, 2020. — P. 64–82. [in Russian]
11. Pilla R. Differential cell count as an alternative method to diagnose dairy cow mastitis / R. Pilla, V. Dapra, A. Zeccjni [et al.] // Journal of Dairy Science. — 2013. — № 95 (8). — P. 4410–4420.
12. Luke T.D.W. Metabolic profiling of early-lactation dairy cows using milk mid-infrared 179spectra / T.D.W. Luke, S. Rochfort, W.J. Wales [et al.] // Journal of Dairy Science. — 2018. — Vol. 102. — Iss. 2. — P. 1747–1760. — DOI: 10.3168/jds.2018-15103.
13. Kostensalo J. Short communication: Predicting blood plasma non-esterified fatty acid and beta-hydroxybutyrate concentrations from cow milk — addressing systematic issues in modelling / J. Kostensalo, M. Lidauer, B. Aernouts [et al.] // Animal. — 2023. — Vol. 17. — Iss. 9. — P. 100912. — DOI: 10.1016/j.animal.2023.100912.
14. Alemu T.W. Reproductive performance of lactating dairy cows with elevated milk β -hydroxybutyrate levels during first 6 weeks of lactation / T.W. Alemu, D.E. Santschi, R.I. Cue [et al.] // Journal of Dairy Science. — 2023. — Vol. 106 (7). — P. 5165–5181. — DOI: 10.3168/jds.2022-22406.
15. Ma L. Estimation of genetic parameters and single-step genome-wide association studies for milk urea nitrogen in Holstein cattle / L. Ma, H. Luo, L.F. Brito [et al.] // Journal of Dairy Science. — 2023. — Vol. 106. — Iss. 1. — P. 352–363.
16. Buitenhuis A.J. Estimation of heritability for milk urea and genetic correlations with milk production traits in 3 Danish dairy breeds / A.J. Buitenhuis, N.A. Poulsen // Journal of Dairy Science. — 2023. — Vol. 106. — P. 5562–5569.
17. Loginov Zh.G. Vzaimosvjaz' hozjajstvenno-poleznyh priznakov u korov s različnym urovnem moločnoj produktivnosti [Interrelation of economically useful traits in cows with different levels of milk productivity] / Zh.G. Loginov, S.A. Braginec // Materialy I Vserossijskoj nauchno-praktičeskoj konferencii «APK: Problemy, sostojanie, razvitie» [Proceedings of the I All-Russian Scientific and Practical Conference "Agroindustrial Complex: Problems, state, development"]. — SPbSAU, 2011. — P. 47–51. [in Russian]
18. Muhtarova O.M. Vzaimosvjaz' priznakov moločnoj produktivnosti korov pri intensivnoj selekcii [Interrelation of milk productivity traits of cows at intensive selection] / O.M. Muhtarova // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. — 2022. — № 11 (125). — P. 1–5. — DOI: 10.23670/IRJ.2022.125.60. [in Russian]
19. Fedoseeva N.A. Svjaz' mezhdu priznakami moločnoj produktivnosti v stade golshtinizirovannyh korov černopestroj porody [Relationship between the traits of milk productivity in a herd of Holsteinised cows of the black-breed] / N.A. Fedoseeva, V.P. Usov, D.A. Shepinjov // Glavnyj zootehnik [Chief Zootechnician]. — 2020. — № 7. — DOI: 10.33920/sel-03-2007-03 panor.ru. [in Russian]
20. Carabano M.J. Estimation of genetic parameters for milk and fat yields of dairy cattle in Spain and the United States / M.J. Carabano, V.J. Carabano, L.D. Van Vieck [et al.] // Journal of Dairy Science. — 1989. — № 72 (11). — P. 3013–3022.
21. Shendakov A.I. Vlijanie genetičeskikh i sredovyh faktorov na intensivnost' rosta i moločnuju produktivnost' černopestrogo golshtinizirovannogo skota [Influence of genetic and environmental factors on growth intensity and milk productivity of black-brown Holstein cattle] / A.I. Shendakov, T.A. Shendakova // Vestnik Orel-GAU [Bulletin of Orel-SAU]. — 2010. — № 5. — P. 83–90. [in Russian]
22. Mkrтчjan G.V. Korrelyacija mezhdu pokazateljami količestvennyh i kachestvennyh priznakov moločnoj produktivnosti u korov golshtinskoj porody s raznym urovnem belka v moloke [Correlation between the indicators of quantitative and qualitative traits of milk productivity in Holstein cows with different levels of protein in milk] / G.V.

Mkrtchjan, F.R. Bakaj // Vestnik APK Verhnevolzh'ja [Bulletin of the Verkhnevolzhye Agroindustrial Complex]. — 2023. — № 1 (61). — P. 90–96. — DOI: 10.35694/YARCX.2023.61.1.011. [in Russian]

23. Aguilar M. Cow and herd variation in milk urea nitrogen concentrations in lactating dairy cattle / M. Aguilar, M.D. Hanigan, H.A. Tucker [et al.] // Journal of Dairy Science. — 2012. — № 95. — P. 7261–7268. — DOI: 10.3168/jds.2012-5582.

24. Zibrov A.M. Korreljacija mezhdu pokazateljami molochnoj produktivnosti u korov-pervotelok golstinskoj porody v uslovijah Moskovskoj oblasti [Correlation between the indicators of milk productivity in Holstein cows under the conditions of Moscow Oblast] / A.M. Zibrov // Aktual'nye voprosy sovremennoj nauki i obrazovanija : sb. statej XVIII Mezhdunarod. nauch.-prakt. konf. [Topical issues of modern science and education : a collection of articles of the XVIII International Scientific and Practical Conf.] — Penza, 2022. — P. 63–65. [in Russian]

25. Trocenko I.V. Parametry korreljacionnoj vzaimosvjazi produktivnyh priznakov molochnogo skota [Parameters of correlation interrelation of productive traits of dairy cattle] / I.V. Trocenko, I.P. Ivanova // Molochnohozjajstvennyj vestnik [Milk Farm Bulletin]. — 2022. — № 1. — P. 116–127. [in Russian]

26. Kadzaeva Z.A. Izmenchivost' i korreljacija priznakov molochnoj produktivnosti korov [Variability and correlation of traits of milk productivity of cows] / Z.A. Kadzaeva // Izvestija Gorskogo GAU [Proceedings of Gorsky SAU]. — 2021. — Vol. 58-2. — P. 87–90. [in Russian]

27. Sermjagin A.A. Biomarkery sostava moloka korov: ispol'zovanie v selekcii i menezhmente stada [Biomarkers of cow milk composition: use in breeding and herd management] / A.A. Sermjagin, N.A. Zinov'eva, A.N. Ermilov // Mezhdunarodnyj seminar «Genomnye biotehnologii dlja sel'skogo hozjajstva» (zhivotnovodstvo). ISiC NAS of Belarus. — 2019. — URL: https://www.vij.ru/images/conf-19/6_2003_Minsk/Sermyagin_MINSK_VIZh_2019.pdf (accessed: 08.07.2024). [in Russian]

28. Ivanova D.A. Korreljacionnaja zavisimost' mezhdu massovoj dolej zhira i massovoj dolej belka v korov'em moloke [Correlation dependence between the mass fraction of fat and mass fraction of protein in cow's milk] / D.A. Ivanova // Jeffektivnoe zhivotnovodstvo [Effective Livestock Breeding]. — 2023. — № 5 (187). — P. 10–11. [in Russian]

29. Haibo L. Phenotypic and genetic effects of season on milk production traits in dairy cattle in the Netherlands / L. Haibo, W. Yachun, B. Henk // Journal of Dairy Science. 2020. — Vol. 104. — Iss. 4. — P. 4486–4497.

30. Bavrina A.P. Sovremennye pravila primenenija korreljacionnogo analiza [Modern rules of correlation analysis application] / A.P. Bavrina, I.B. Borisov // Medicinskij al'manah [Medical Almanac]. — 2021. — № 3. — P. 70–79. [in Russian]