DOI: 10.31677/2072-6724-2024-73-4-189-197
УДК 636.082

МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ СИММЕНТАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ С РАЗНЫМИ ГЕНОТИПАМИ ПО ГЕНАМ КАППА-КАЗЕИНА И СОМАТОТРОПИНА

[1,2]А.А. Зырянова, [1]А.А. Клещева, [1]М.Ю. Севостьянов

[1]ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», Екатеринбург, Россия

[2]ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет», Екатеринбург, Россия

E-mail: agata.lis.00@mail.ru

Для цитирования: *Зырянова А.А., Клещева А.А., Севостьянов М.Ю.* Молочная продуктивность коров симментальской породы с разными генотипами по генам каппа-казеина и соматотропина // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2024. – № 4(73). – С. 189–197. – DOI: 10.31677/2072-6724-2024-73-4-189-197.

Ключевые слова: гены-маркеры, каппа-казеин, соматотропин, симментальский скот, молочная продуктивность.

Реферат. *Экономически важными продуктивными признаками крупного рогатого скота, которые способствуют развитию молочной промышленности, считаются обильномолочность, содержание белка и жира в молоке. В последние годы пристальное внимание селекционеров направлено на программы разведения скота, основанные на молекулярно-генетических методах исследования. Потенциал продуктивности животных во многом зависит от генетических вариантов маркерных генов, присутствующих в генотипе особи. Перспективными ДНК-маркерами считаются гены каппа-казеина и соматотропина, так как отвечают за качественные и количественные признаки продуктивности скота. В работе изучена молочная продуктивность 84 коров симментальской породы из племенного предприятия, расположенного на территории Уральского региона, по генам каппа-казеина и соматотропина, а также по комплексным генам. По гену каппа-казеина по удою в преимуществе находились особи с генотипами $CSN3^{AB}$ – 6937,6 кг. Большее содержание белка в молоке, выход молочного жира и белка, а также сумму питательных веществ зафиксировали у коров с генотипами $CSN3^{BB}$ – 3,40 %, 282,5, 234,2 и 516,7 кг соответственно; по гену соматотропина наиболее обильномолочные коровы с генотипами GH^{VV} – 7160,0 кг. По белковомолочности более продуктивны сверстницы с генотипами GH^{LL} – 3,4 %. Сумма питательных веществ, выход молочного жира и белка в большей степени установлены в молоке коров с генотипами GH^{VV} – 522,7, 293,6 и 229,1 кг соответственно. В данном стаде симментальских особей встречались все девять возможных вариантов комплексных генотипов по генам каппа-казеина и соматотропина: AA/LV – 26 голов; AA/LL – 14; AA/VV – 12; AB/LL – 13; AB/LV – 10; AB/VV – 2; BB/LL – 4; BB/VV – 2; BB/LV – 1. В обработку данных по влиянию комплексных генотипов на молочную продуктивность включили по количеству от десяти коров и больше для более объективных результатов. Большими удоем, содержанием белка в молоке, выходом молочного жира и белка, а также суммой питательных веществ обладали особи с комплексными генотипами AB/LL: 6756,0 кг, 3,4 %, 277,0 кг и 229,7 кг, 506,7 кг соответственно. Обнаружены значимые различия между группами коров по содержанию массовой доли белка.*

MILK PRODUCTIVITY OF SIMMENTAL CATTLE BY COMBINED KAPPA-CASEIN AND SOMATOTROPIN GENES

[1,2]A.A. Zyryanova, [1]A.A. Klescheva, [1]M.Y. Sevostyanov

[1]FGBNU "Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences", Yekaterinburg, Russia

[2]FGBOU VO "Ural State Agrarian University", Yekaterinburg, Russia

E-mail: agata.lis.00@mail.ru

Keywords: marker genes, kappa-casein, somatotropin, Simmental cattle, dairy productivity.

Abstracts. *The economically important productive traits of cattle that contribute to the development of the dairy industry are considered to be abundant milk yield, protein and fat content in milk. In recent years, breeders have focused their attention on cattle breeding programmes based on molecular genetic research methods. The*

potential of animal productivity largely depends on genetic variants of marker genes present in the genotype of an individual. The genes of kappa-casein and somatotropin are considered to be promising DNA markers, as they are responsible for qualitative and quantitative traits of cattle productivity. In this work we studied milk productivity of 84 cows of Simmental breed from the breeding plant in the Urals by kappa-casein and somatotropin genes, as well as by complex genes. On the gene kappa-casein on milk yield in advantage are individuals with genotypes CSN3AB - 6937,6 kg. The higher content of protein in milk, milk fat and protein yield, as well as the sum of nutrients were recorded in cows with CSN3BB genotypes - 3.40%, 282.5 kg, 234.2 kg and 516.7 kg, respectively. In terms of somatotropin gene, cows with GHVV genotypes had the most abundant milk production - 7160.0 kg. In terms of protein-milk yield, coevals with GHLL genotypes are more productive - 3.4 %. The sum of nutrients, milk fat and protein yield is more established in milk of cows with GHVV genotypes - 522.7 kg, 293.6 kg and 229.1 kg, respectively. All nine possible variants of complex genotypes for kappa-casein and somatotropin genes occur in this Simmental herd: AA/LV - 26 cows; AA/LL - 14; AA/VV - 12; AB/LL - 13; AB/LV - 10; AB/VV - 2; BB/LL - 4; BB/VV - 2; BB/LV - 1. Data processing on the effect of complex genotypes on milk productivity included a number of 10 cows or more. Higher milk yield, milk protein content, milk fat and protein yield, and nutrient sum were found in AB/LL complex genotypes: 6756.0 kg, 3.4 %, 277.0 kg and 229.7 kg, 506.7 kg, respectively. Significant differences were found between cow groups in the content of mass fraction of protein.

На современном этапе развития молочного скотоводства программы селекции крупного рогатого скота, основанные на молекулярно-генетических методах, активно привлекают внимание. Это связано в первую очередь с тем, что данная селекция ускоряет улучшение продуктивности животных.

Для молочной промышленности наиболее привлекательно молоко животных не только с повышенной жирномолочностью, но и с высоким содержанием белка. Состав и качество молока крупного рогатого скота во многом зависит от генотипа животного. Содержание общего белка в коровьем молоке имеет связь с генотипом животного по локусу гена каппа-казеина [16, 17, 19]. Каппа-казеин (CSN3) считается главным белком молока и одной из фракций казеина. Сам ген имеет около 13 аллельных вариантов. Из них у крупного рогатого скота наиболее распространены $CSN3^{A}$ и $CSN3^{B}$ аллельные варианты [13].

Одним из перспективных генов-маркеров крупного рогатого скота считается ген гормона роста, или соматотропина (GH). Ген оказывает значительное влияние на регуляцию синтеза белков, деление клеток, рост организма, процессы мобилизации жира и характеризуется лактогенным действием [1]. В пятом экзоне гена установлен полиморфизм, который связан с трансверсией C-G, обусловливающей аминокислотную замену лейцина на валин в белковом продукте гена. Это обеспечивает повышение темпов прироста живой массы животных и молокообразование у лактирующих коров [2, 3, 10].

Ряд ученых зафиксировали связь полиморфных вариантов гена соматотропина с обильномолочностью, содержанием жира и белка в молоке. Практика многих исследований показала, что концентрация аллеля GH^{L} среди поголовья крупного рогатого скота имеет селекционное преимущество перед вариантом GH^{V}, что связано с обеспечением повышения лактогенной функции [1, 15]. Многочисленные исследования и практический опыт определили, что гормон роста оказывает влияние на количественные и качественные показатели молочной продуктивности коров. Подведем итог, что генотипы гена GH можно применять как генетические маркеры удоя, массовой доли жира и белка и впоследствии закреплять путем селекции более ценные из них [5].

В России распространен крупный рогатый скот симментальской породы. В Уральском регионе есть хозяйства, занимающиеся ее разведением. Симментальский скот имеет отличительную особенность – сочетание молочной и мясной продуктивности, в связи с чем и привлекает внимание исследователей.

В испытательной лаборатории молекулярно-генетической экспертизы отдела животноводства и генетических исследований Уральского НИИСХ в 2021 г. определяли полиморфизм симментальского скота уральского разведения по гену каппа-казеина [6]. В 2022 г. коров генотипировали по гену соматотропина [11].

Цель исследований состоит в анализе молочной продуктивности симментальского скота в зависимости от комплексных геновариантов генов каппа-казеина и соматотропина.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в рамках государственного задания по теме «Изучение селекционно-генетических характеристик крупного рогатого скота Уральского региона с использованием биотехнологических методов в целях создания новых селекционных форм животных, обладающих высоким генетическим потенциалом молочной продуктивности, качества молока и продолжительности хозяйственного использования».

Объектом исследования являются 84 коровы симментальской породы племенного завода на Урале. Генотипирование животных произвели с

использованием образцов их крови. Аллели и генотипы исследуемых генов устанавливали в испытательной лаборатории молекулярно-генетической экспертизы отдела животноводства и генетических исследований Уральского НИИСХ – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН [7].

Выделение ДНК провели с помощью реагентов производства ООО «НПФ Синтол» (Москва) согласно инструкции фирмы-изготовителя.

Для определения генотипов и аллелей генов каппа-казеина и соматотропина пользовались разными методами:

ПЦР-ПДРФ метод использовали для генотипирования особей по гену соматотропина. Полимеразную цепную реакцию осуществляли на амплификаторе «Gene Amp PCR 9700» (Applied Biosystems, США). На рис. 1 представлена электрофореграмма результата ПЦР-ПДРФ-идентификации аллелей гена соматотропина.

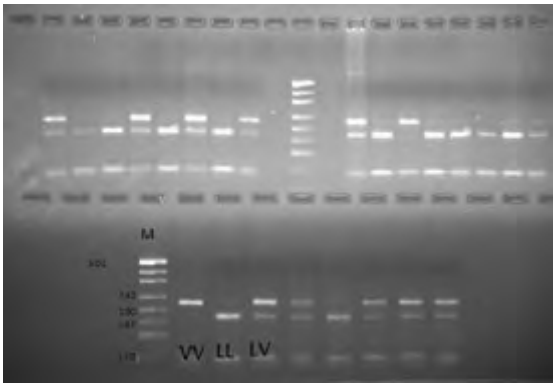

Рис. 1. Электрофореграмма результата ПЦР-ПДРФ-идентификации аллелей GH^{LV} крупного рогатого скота
Electropherogram of the result of PCR-RFLP identification of GHLV alleles in cattle

Методом ПЦР в реальном времени определяли генотипы и аллели по гену каппа-казеина. Методику проводили на ДНК-амплификаторе в реальном времени Real-Time PCR AB 7500. Результаты генотипирования изображены на рис. 2–4. Флуоресценция была зафиксирована на стадии элонгации репортерными красителями FAM и VIC. На рис. 2 флуоресценция по каналу «FAM» окрашивает синим цветом, а «VIC» – красным. У коров с генотипами $CSN3^{BB}$ сигнал флуоресценции имелся по поднятию «кривой» в канале «FAM», у животных с генотипами $CSN3^{AA}$ – по каналу «VIC» (см. рис. 3). У гетерозиготных особей сигнал регистрировали в обоих каналах (см. рис. 4).

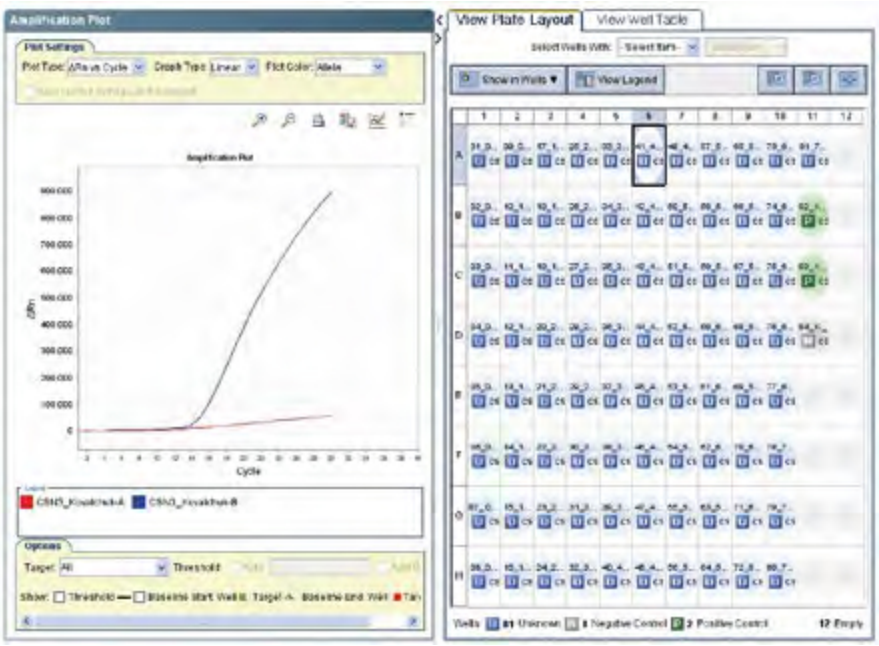

Рис. 2. Результат генотипирования с использованием Real-Time PCR AB 7500, указывающий генотип $CSN3^{BB}$
Real-Time PCR AB 7500 genotyping result indicating CSN3BB genotype

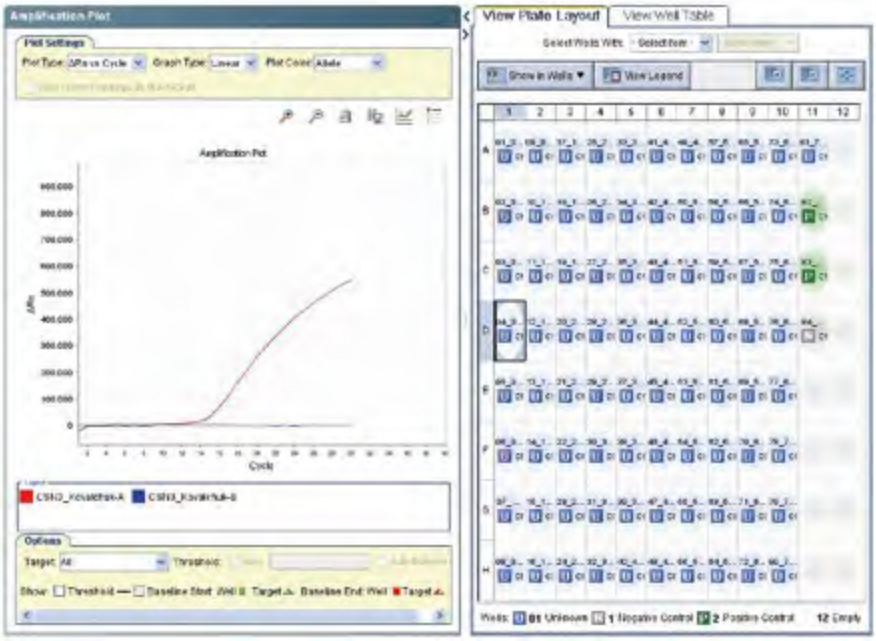

Рис. 3. Результат генотипирования с использованием Real-Time PCR AB 7500, указывающий генотип CSN3^{AA}
Real-Time PCR AB 7500 genotyping result indicating CSN3AA genotype

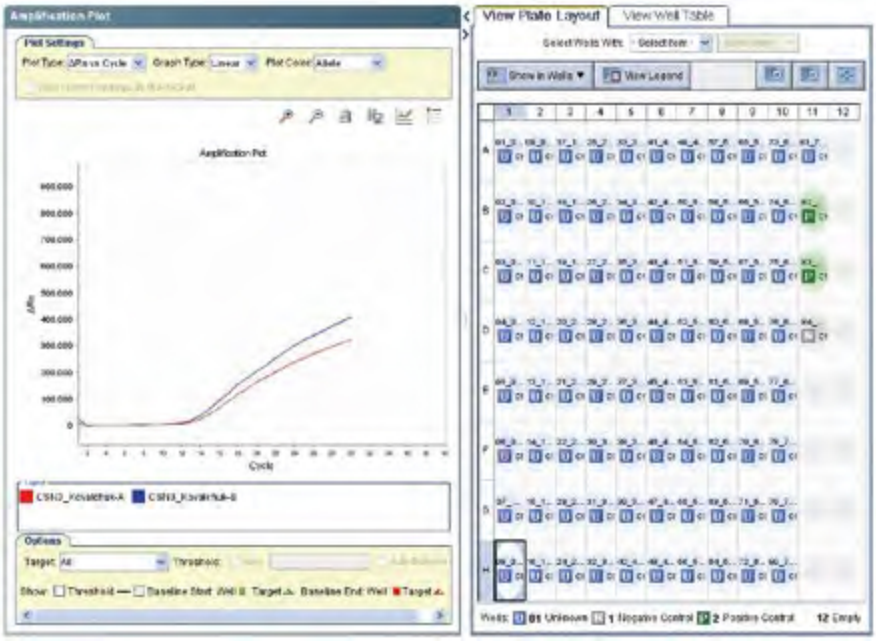

Рис. 4. Результат генотипирования с использованием Real-Time PCR AB 7500, указывающий генотип CSN3^{AB}
Real-Time PCR AB 7500 genotyping result indicating CSN3AB genotype

Выборку показателей молочной продуктивности групп формировали по первой лактации по данным ИАС СЕЛЭКС – Племенной учет в хозяйствах (молочный скот).

Для определения частоты встречаемости аллелей, геновариантов и комплексных генотипов использовали формулу Е.К. Меркурьевой и Г.Н. Шангин-Березовского [8]:

$$P_1 = B_1 / 2n , \quad (1)$$

где P_1 – частота данного аллеля; B_1 – общее число данного аллеля в исследуемой популяции (для гомозигот считаются оба аллеля); n – количество протестированных животных.

У генотипов частота встречаемости определялась по следующей формуле:

$$P = n / N, \quad (2)$$

где P – частота определенного генотипа, %; n – количество животных, имеющих определенный генотип; N – общее число животных.

Таким образом, полученная матрица генотипов и аллелей послужила основой для статистической обработки результатов в электронной таблице Microsoft Excel.

Затем осуществляли сортировку 84 коров на группы с различными генотипами генов каппа-казеина и соматотропина и проводили анализ их связи с уровнем обильномолочности, выходом молочного белка и жира, массовой долей белка (МДБ) и массовой долей жира (МДЖ).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе работы изучили молочную продуктивность коров с различными генотипами гена каппа-казеина. Результаты представлены в табл. 1. По обильномолочности преимущественно выделяются особи с генотипами $CSN3^{AB}$ (6938 кг). Удой этих коров был больше на 392 и 48 кг, чем у животных с генотипами $CSN3^{AA}$ и $CSN3^{BB}$ соответственно. Большую белковомолочность достоверно установили у коров с генотипами $CSN3^{BB}$ (3,40 %), что совпадает с результатами других авторов [4, 9, 18]. По выходу молочного жира, белка и сумме питательных веществ также имеют превосходство сверстницы с генотипами $CSN3^{BB}$ – 282,5, 234,2 и 516,7 кг соответственно.

Данные по молочной продуктивности животных с разными генотипами по гену соматотропина представлены в табл. 2.

Таблица 1

Молочная продуктивность в зависимости от генотипов по гену каппа-казеина
Milk productivity depending on genotypes of the kappa-casein gene

Генотип	Поголовье	Молочная продуктивность					
		Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	МДЖ, кг	МДБ, кг	Сумма питательных веществ
Всего	84	6691±158	4,07±0,03	3,33±0,01	272,3	222,8	495,0
AA	52	6546±209	4,1±0,03	3,30±0,02	268,4	216,0	484,4
AB	25	6938±288	4,0±0,05	3,30±0,02	277,5	228,9	506,4
BB	7	6890±335	4,10±0,11	3,40±0,05	282,5	234,2	516,7
AA - AB		-392	+0,1	+0,0	-9,1	-12,9	-22
AA - BB		-344	+0,0	-0,1**	-14,1	-18,2	-32,3
BB - AB		-48	+0,1	+0,1	+5	+5,3	+10,3

Примечание. ** P < 0,01.

Таблица 2

Молочная продуктивность в зависимости от генотипов по гену соматотропина

Генотип	Поголовье	Молочная продуктивность					
		Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	МДЖ, кг	МДБ, кг	Сумма питательных веществ
Всего	84	6691±158	4,1±0,03	3,3±0,01	274,3	220,8	495,2
LL	31	6683±193	4,1±0,04	3,4±0,02	274,0	227,2	501,2
LV	37	6496±237	4,0±0,05	3,3±0,02	259,8	214,3	474,2
VV	16	7160±495	4,1±0,05	3,2±0,03	293,6	229,1	522,7
LL - LV		+187	+0,1	+0,1	+14,2	+12,9	+27
LL - VV		-477	+0,0	+0,2***	-19,6	-1,9	-21,5
VV - LV		+664	+0,1	-0,1**	+33,8	+14,8	+48,5

Примечание. ** P < 0,01; *** P < 0,001.

Зафиксировали, что наибольшей обильномолочностью отличались коровы с генотипами GH^{VV} (7160 кг). Удой сверстниц с генотипами GH^{LL} и GH^{LV} был меньше на 477 и 664 кг соответственно. Установлены достоверные различия между коровами с разными генотипами по содержанию

белка. Наибольшее содержание МДБ в молоке установили у коров с генотипами GH^{LL} (3,4 %). По сумме питательных веществ, выходу молочного жира и белка в приоритете особи с генотипами GH^{VV} – 522,7, 293,6 и 229,1 кг.

Результаты проделанной работы по изучению качества молока коров в зависимости от гена соматотропина имеют отличия от данных других исследователей. Например, в работе И.В.Ткаченко и С.Л. Гридиной на голштинской породе скота больший удой был зафиксирован у особей с генотипом GH^{LL} [12]. Аналогичную тенденцию обнаружили в работе А.А. Ярышкина на той же породе [14]. Тем не менее в исследовании данного автора по последней законченной лактации более обильномолочными оказались животные с генотипом GH^{LV}, где также присутствует аллель GH^{L} [14]. Предполагаем, что отличие результатов обусловлено породными различиями и количеством выборки изученных животных.

В генетической структуре изучаемых симментальских коров по комплексным генотипам генов каппа-казеина и соматотропина определили встречаемость всех возможных девяти вариантов: AA/LV – 26 голов; AA/LL – 14; AB/LL – 13; AA/VV – 12; AB/LV – 10; BB/LL – 4; AB/VV – 2; BB/VV – 2; BB/LV – 1. Проведя анализ полученных результатов, мы пришли к выводу, что более распространенный комплексный генотип – AA/LV (26 особей). Более редкий – BB/LV, который имеется только у одного животного. Наши данные расходятся с полученными ранее результатами генотипирования голштинизированного черно-пестрого скота уральского типа авторами И.В. Ткаченко и С.Л. Гридиной. Наибольшее количество животных являются с комплексными генотипами AA/LL (169), а у наименьшего числа особей оказался генотип AA/VV (2) [12].

В обработку данных по влиянию комплексных генотипов по генам соматотропина и каппа-казеина на молочную продуктивность включали только группы от десяти животных для более объективных результатов. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Молочная продуктивность в зависимости от комплексных генотипов по генам каппа-казеина и соматотропина

Milk productivity depending on complex genotypes for kappa-casein and somatotropin genes

Генотип/гол.	Молочная продуктивность					
	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	МДЖ, кг	МДБ, кг	Сумма питательных веществ
AA/LV (26)	6493±296	4,1±0,06	3,3±0,02**	266,2	214,3	480,5
AA/LL (14)	6524±318	4,1±0,05	3,3±0,02	267,5	215,3	482,7
AB/LL (13)	6756±289	4,1±0,07	3,4±0,02**	277,0	229,7	506,7
AA/VV (12)	6688±554	4,1±0,06	3,2±0,03**	274,2	224,0	488,2
AB/LV (10)	6580±439	4,0±0,1	3,3±0,02**	263,2	217,2	480,4

Примечание. ** $P < 0,01$.

Полученные результаты позволили зафиксировать, что животные с генотипами AB/LL имели повышенный удой (6756 кг), высокий выход молочного жира (277,0 кг) и белка (229,7 кг), сумму питательных веществ (506,7 кг). Однако для получения более достоверных результатов необходимо продолжить исследования на большем поголовье. По жирномолочности между группами животных значимых различий не обнаружили.

Достоверно зафиксировали разницу белковомолочности. Так, наибольшей массовой долей белка (3,4 %) обладают особи с генотипами AB/LL, а наименьшей (3,2 %) – коровы с комплексными генотипами AA/VV. Предполагаем, что более высокие показатели молочной продуктивности коров с комплексными генотипами AB/LL связаны с присутствием аллелей $CSN3^{B}$ и GH^{L}.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований определили наибольший удой у животных с генотипами $CSN3^{AB}$, а большее содержание белка – в молоке у особей с генотипами $CSN3^{BB}$. Сверстницы с генотипами $CSN3^{BB}$ обладали большим выходом молочного жира и белка и суммой питательных веществ.

2. По гену соматотропина более высокоудойными оказались особи с генотипами GH^{VV}, белковомолочными – коровы с генотипами GH^{LL},

по сумме питательных веществ, по выходу молочного жира и белка в превосходстве особи с генотипами GH^{VV}.

3. В генетической структуре изучаемого симментальского стада по комплексным генотипам каппа-казеина и соматотропина зафиксировали все девять возможных вариантов. Из них большее количество голов обладают генотипами AA/LV и только одна корова имела генотип BB/LV. Исследования показали, что самыми высокопродуктивными были животные с комплексными генотипами AB/LL. Но для получения более достоверных результатов необходимо продолжить исследования на большем поголовье.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Влияние* полиморфизма генов соматотропинового каскада на мясную продуктивность казахской белоголовой породы / И.С. Бейшова, Т.В. Поддудинская, Б.Б. Траисов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2 (70). – С. 194–199.
2. *Бейшова И.С.* Фенотипические эффекты полиморфизмов генов соматотропинового каскада, ассоциированных с признаками мясной продуктивности относительно общей выборки у коров казахской белоголовой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2. – С. 208–211.
3. *Джаксыбаева Г.Г., Кочнев Н.Н., Кайниденов Н.Н.* Полиморфные варианты гена PIT-1 крупного рогатого скота симментальской и красной степной пород Республики Казахстан // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 3. – С. 167–175. – DOI: 10.31677/2072-6724-2023-68-3-167-175.
4. *Влияние* генотипов гена каппа-казеина и страны происхождения быков-производителей голштинской породы на основные хозяйственно полезные признаки их дочерей / О.П. Юдина, А.С. Делян, А.Н. Ермилов [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1. – С. 76–94.
5. *Епишко О.А., Пешко Н.Н.* Использование гена гормона роста в селекции крупного рогатого скота // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр.; под редакцией В.К. Пестиса. – Гродно: Гродненский гос. агр. ун-т, 2017. – Т. 37. – С. 60–67.
6. *Зырянова А.А., Севостьянов М.Ю., Шевкунов О.А.* Генетическая структура симментальского скота по гену каппа-казеина и её влияние на молочную продуктивность // Вестник Курганской ГСХА. – 2022. – № 1 (41). – С. 26–31.
7. *Зырянова А.А., Севостьянов М.Ю.* Генетическая структура симментальского скота по комбинированным генам каппа-казеина и соматотропина // Научные достижения генетики и биотехнологии в ветеринарной медицине и животноводстве: сб. мат-в науч.-практ. конф. с междунар. участием, Екатеринбург, 27 апреля 2023 г. – Екатеринбург: Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН, 2023. – С. 70–75.
8. *Меркурьева Е.К., Шангин-Березовский Г.Н.* Генетика с основами биометрии: учеб. пособие. – М.: Колос, 1983. – 400 с.
9. *Панин В.А.* Оценка генотипа по генам CSN3 и LGB, влияющим на синтез молочного белка и жира в молоке симментальских коров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 1 (81). – С. 197–201.
10. *Сычёва О.В., Кононова Л.В.* Генетические маркеры в молочном скотоводстве // Аграрно-пищевые инновации. – 2018. – № 1. – С. 27–31.
11. *Татаринцева Е.А., Севостьянов М.Ю.* Полиморфизм гена соматотропина у крупного рогатого скота симментальской породы // Молодежь и наука. – 2022. – № 4.
12. *Ткаченко И.В., Гридина С.Л.* Влияние полиморфных вариантов генов каппа-казеина и гормона роста на молочную продуктивность первотелок уральского типа // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 5. – С. 87–95.
13. *Шевелева О.М., Часовщикова М.А.* Биологические и продуктивные особенности коров черно-пестрой породы с разными генотипами каппа-казеина и пролактина // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – № 9. – С. 74–77.
14. *Ярышкин А.А.* Влияние полиморфных вариантов гена соматотропина на молочную продуктивность коров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 6. – С. 279–281.
15. *Association* between GH (g.1456_1457insT), GHRH (g.4474 C>A), and Pit-1 (g.244G>A) polymorphisms and lactation traits in Holstein 110 Friesian cattle / A. Anggraeni, C. Sumantri, F. Saputra, L. Praharani // Tropical animal science journal. – 2020. – Vol. 43 (4). – P. 291–299.
16. *Association* of polymorphism κ-casein gene with longevity and lifetime production of Holstein-Friesian cows in Vojvodina / D. Lukač, S. Jovanovac, Z. Nemes [et al.] // Mljekarstvo. – 2015. – № 65 (4). – P. 232–237.

17. *Association* of HindIII-polymorphism in Kappa-Casein Gene With Milk, Fat and Protein Yield in Holstein Cattle / M. Miluchová, M. Gábor, J. Candrák [et al.] // Acta biochimica Polonica. – 2018. – № 65 (3). – P. 403–407.
18. *The Influence* of CSN3 and LGB Polymorphisms on Milk Production and Chemical Composition in Romanian Simmental Cattle [Text] / R.I. Neamt, Gh. Saplacan, S. Acatincai [et al.] // Acta biochimica Polonica. – 2017. – № 64 (3). – P. 493–497.
19. *Effects* of β-κ-casein (CSN2-CSN3) haplotypes and β-lactoglobulin (BLG) genotypes on milk production traits and detailed protein composition of individual milk of Simmental cows / V. Bonfatti, G. Di Martino, A. Cecchinato [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2010. – Vol. 93, Is. 8. – P. 3797–3808.

REFERENCES

1. Beishova I.S., Poddudinskaya T.V., Traisov B.B. [et al.], *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018, No. 2 (70), pp. 194–199. (In Russ.)
2. Beishova I.S., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018, No. 2, pp. 208–211. (In Russ.)
3. Dzhaksybaeva G.G., Kochnev N.N., Kainidenov N.N., *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet)*, 2023, No. (3), pp. 167–175, DOI: 10.31677/2072-6724-2023-68-3-167-175. (In Russ.)
4. Yudina O.P., Delyan A.S., Ermilov A.N. [et al.], *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2020, No. 1, pp. 76–94. (In Russ.)
5. Epishko O.A., Peshko N.N., *Sel'skoe khozyaistvo – problemy i perspektivy* (Agriculture – problems and prospects), Collection of scientific papers, Grodno: Grodnenskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2017, T. 37, pp. 60–67. (In Russ.)
6. Zyryanova A.A., Sevost'yanov M.Yu., Shevkunov O.A., *Vestnik Kurganskoi GSKhA*, 2022, No. 1 (41), pp. 26–31. (In Russ.)
7. Zyryanova A.A., Sevost'yanov M.Yu., *Nauchnye dostizhenija genetiki i biotehnologii v veterinarnoj medicine i zhivotnovodstve* (Scientific achievements of genetics and biotechnology in veterinary medicine and animal husbandry), Proceedings of the Conference Title, Ekaterinburg: Ural'skij federal'nyj agrarnyj nauchno-issledovatel'skij centr UrO RAN, 2023, pp. 70–75. (In Russ.)
8. Merkur'eva E.K., Shangin-Berezovskii G.N., *Genetika s osnovami biometrii* (Genetics with the basics of biometrics), Moscow: Kolos, 1983, 400 p. (In Russ.)
9. Panin V.A., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, No. 1 (81), pp. 197–201. (In Russ.)
10. Sycheva O.V., Kononova L.V., *Agrarno-pishchevye innovatsii*, 2018, No. 1, pp. 27–31. (In Russ.)
11. Tatarintseva E.A., Sevost'yanov M.Yu., *Molodezh' i nauka*, 2022, No. 4. (In Russ.)
12. Tkachenko I.V., Gridina S.L., *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2018, No. 5, pp. 87–95. (In Russ.)
13. Sheveleva O.M., Chasovshchikova M.A., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2018, No. 9, pp. 74–77. (In Russ.)
14. Yaryshkin A.A., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, No. 6, pp. 279–281. (In Russ.)
15. Anggraeni A., Sumantri C., Saputra F., Praharani L., Association between GH (g.1456_1457insT), GHRH (g.4474 C>A), and Pit-1 (g.244G>A) polymorphisms and lactation traits in Holstein 110 Friesian cattle, *Tropical animal science journal*, 2020, Vol. 43 (4), pp. 291–299.
16. Lukač D., Jovanovac S., Nemes Z. [et al.], Association of polymorphism κ-casein gene with longevity and lifetime production of Holstein-Friesian cows in Vojvodina, *Mljekarstvo*, 2015, No. 65 (4), pp. 232–237.
17. Miluchová M., Gábor M., Candrák J. [et al.], Association of HindIII-polymorphism in Kappa-Casein Gene With Milk, Fat and Protein Yield in Holstein Cattle, *Acta biochimica Polonica*, 2018, No. 65 (3), pp. 403–407.
18. Neamt R.I., Saplacan Gh., Acatincai S. [et al.], The Influence of CSN3 and LGB Polymorphisms on Milk Production and Chemical Composition in Romanian Simmental Cattle, *Acta biochimica Polonica*, 2017, No. 64 (3), pp. 493–497.
19. Bonfatti V., Di Martino G., Cecchinato A., Vicario D., Carnier P., Effects of β-κ-casein (CSN2-CSN3) haplotypes and β-lactoglobulin (BLG) genotypes on milk production traits and detailed protein composition of individual milk of Simmental cows, *Journal of Dairy Science*, 2010, Vol. 93, Is. 8, pp. 3797–3808.

Информация об авторах:
А.А. Зырянова, аспирант
А.А. Клещева, научный сотрудник
М.Ю. Севостьянов, кандидат сельскохозяйственных наук

Contribution of the authors:
A.A. Zyryanova, postgraduate student
A.A. Kleshcheva, research fellow
M.Yu. Sevostyanov, candidate of agricultural sciences

Вклад авторов:
Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.