

«Vitebskaya ordena «Zhak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny». – 2024. –Т. 60, № 2. – S. 72–77. – DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-2-72-77.

7. *Sovremennye podhody k prigotovleniyu kormov : uchebnoe posobie* / O. F. Ganushchenko, N. N. Zen'kova, T. M. SHloma, I. V. Kovaleva. – Moskva : Rusajns, 2021. – 416 s.

8. *Syr'evaya baza kormoproizvodstva i optimizaciya priemov zagotovki kormov : elektronnoe uchebnoe posobie* / N. N. Zen'kova, O. F. Ganushchenko, T. M. SHloma, I. V. Kovaleva ; Vitebskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny. – Vitebsk : VGAVM, 2021. – 1 el. opt. disk (CD-ROM).

9. *Kormoproizvodstvo s osnovami botaniki. Praktikum : uchebnoe posobie* / T. M. SHloma, M. O. Moiseeva, N. N. Zen'kova [i dr.] ; Vitebskaya gosudarstvennaya akademiya vetrinarnej mediciny. – Vitebsk : VGAVM, 2022. – 131 s.

Поступила в редакцию 28.10.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2025-61-1-53-62

УДК 636.2.082.2:636.034(476)

ВЛИЯНИЕ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНОВ DGAT1, GH, PRL И BLG НА ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ КРАСНОЙ БЕЛОРУССКОЙ ПОРОДНОЙ ГРУППЫ

Михалюк А.Н. ORCID ID 0000-0001-6110-264X, Танана Л.А. ORCID ID 0000-0002-0631-6116

УО «Гродненский государственный аграрный университет», г. Гродно, Республика Беларусь

Результаты проведенных исследований по изучению влияния полиморфизма генов диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (DGAT1) и соматотропина (GH) на показатели молочной продуктивности коров красной белорусской породной группы показали, что в большинстве случаев гомозиготные животные с генотипом GH^{LL} превосходили своих гетеро- и гомозиготных сверстниц с генотипами GH^{LV} и GH^{LL} по удою за 305 дней лактации на 0,9% ... 10,1% ($P<0,01$), жирно- и белкомолочности – на 0,2 п.п. ... 0,3 п.п. ($P<0,05$), количеству молочного жира и белка в молоке – на 1,1% ... 9,1% ($P<0,01$). Оценка показателей молочной продуктивности коров по гену DGAT1 в динамике свидетельствует о том, что с повышением порядкового номера лактации показатели молочной продуктивности возрастают: удой – на 3,8% ... 5,4% ($P<0,05$), массовая доля белка в молоке – на 0,2 п.п. ... 0,3 п.п. ($P<0,05$), количество молочного жира – на 4,8% ... 10,6% ($P<0,01$), количество молочного белка – на 10,0% ... 19,9% ($P<0,01$).

По гену пролактина (PRL) наиболее высокий удой был у гетерозиготных первотелок с генотипом PRL^{AB}, он превышал удой гомозиготных животных с генотипом PRL^{AA} на 2,5%, а у коров второй и третьей лактации наиболее высокий удой был у гомозиготных животных с генотипом PRL^{AA}. Он был выше, чем удой гетерозиготных коров с генотипом PRL^{AB} по второй и третьей лактациям, на 0,8% ... 7,0% ($P<0,05$) соответственно. По жирно- и белкомолочности гетерозиготные животные генотипа PRL^{AB} превосходили своих гомозиготных сверстниц генотипа PRL^{AA} на 0,1 п.п. ... 0,2 п.п. По гену бета-лактоглобулина (BLG) более высокий удой за 305 дней лактации, а также количество молочного жира и белка в молоке имели гомозиготные животные с генотипом BLG^{BB}, они превосходили показатели гетеро- и гомозиготных сверстниц с генотипами BLG^{AB} и BLG^{AA}: по удою – на 0,5% ... 12,7% ($P<0,01$), по количеству молочного жира – на 2,1% ... 14,4% ($P<0,01$), а по количеству молочного белка в молоке – на 5,9% ($P<0,05$) ... 9,8% ($P<0,01$) соответственно, причем с увеличением порядкового номера лактации разница по этим показателям, по сравнению с гетеро- и гомозиготными сверстницами генотипов BLG^{AB} и BLG^{AA}, возрастала. **Ключевые слова:** крупный рогатый скот, гены диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (DGAT1), соматотропина (GH), пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG), молочная продуктивность.

INFLUENCE OF POLYMORPHISM OF THE DGAT1, GH, PRL AND BLG GENES ON MILK PRODUCTIVITY INDICATORS IN COWS OF THE RED BELARUSIAN BREED GROUP

Mikhaljuk A.N., Tanana L.A.

EE “Grodno State Agrarian University”, Grodno, Republic of Belarus

The results of studies on the influence of polymorphism of the genes diacylglycerol O-acyl transferase 1 (DGAT1) and somatotropin (GH) on the milk productivity of cows of the red Belarusian breed group showed that in most cases homozygous animals with the GH^{LL} genotype were superior to their hetero- and homozygous peers with the genotypes GH^{LV} and GH^{LL} in terms of milk yield over 305 days of lactation by 0.9% ... 10.1% ($P<0,01$), fat and protein content by 0.2 ... 0.3 p.p. ($P<0,05$), the amount of milk fat and protein in milk by 1.1% ... 9.1% ($P<0,01$). Assessment of milk productivity indicators of cows using the DGAT1 gene in dynamics indicates that with an increase in the serial number of lactation, milk productivity indicators increase: milk yield by 3.8% ... 5.4% ($P<0,05$), mass fraction of protein in milk – by 0.2 p.p. ... 0.3 p.p. ($P<0,05$), the amount of milk fat – by 4.8% ... 10.6% ($P<0,01$), the amount of milk protein – by 10.0% ... 19.9% ($P<0,01$).

For the prolactin gene (PRL), the highest milk yield was in heterozygous first-calf heifers with the PRL^{AB} genotype; it exceeded the milk yield of homozygous animals with the PRL^{AA} genotype by 2.5%, and in cows of the second and third lactations, the highest milk yield was in homozygous animals with genotype PRL^{AA}. It was higher than the milk yield of heterozygous cows with the PRL^{AB} genotype in the second and third lactations by 0.8% ... 7.0% ($P<0,05$).

respectively. In terms of fat content and milk protein content, the heterozygous PRLAB genotypes were superior to their homozygous peer animals of the PRL^{AA} genotype by 0.1 ... 0.2 p.p.

According to the beta-lactoglobulin (BLG) gene, homozygous animals with the BLG^{BB} genotype had a higher milk yield for 305 days of lactation, as well as the amount of milk fat and protein in milk; they exceeded the indicators of hetero- and homozygous peers with the BLG^{AB} and BLG^{AA} genotypes: in milk yield by 0.5% ... 12.7% ($P<0.01$), in terms of the amount of milk fat – by 2.1% ... 14.4% ($P<0.01$), and in terms of the amount of milk protein in milk – by 5.9% ($P<0.05$) ... 9.8% ($P<0.01$), respectively, and with an increase in the serial number of lactation, the difference in these indicators with hetero- and homozygous peers of the BLG^{AB} and BLG^{AA} genotypes increased. **Keywords:** cattle, genes of diacylglycerol O-acyl transferase 1 (DGAT1), somatotropin (GH), prolactin (PRL) and beta-lactoglobulin (BLG), milk productivity.

Введение. За последние годы накопился значительный массив данных об эффективности использования молекулярно-генетических маркеров для решения многих задач генетики, сохранения биологического разнообразия, картирования хромосом, а также для совершенствования скота по хозяйственно полезным признакам (жирномолочности, белкомолочности и др.) [1]. Совершенствование селекционного процесса с использованием молекулярно-генетических методов позволит более эффективно оценивать генетический потенциал пород, популяций и отдельных особей, корректировать направленность селекционной работы, воздействовать на признаки, характеризующие технологическую ценность молока (жирномолочность, белкомолочность и др.), и, как результат, сократить временные затраты на разведение животных с высокой молочной продуктивностью.

Целью данной работы явилось изучение влияния полиморфизма генов диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (DGAT1), соматотропина (GH), пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG) на показатели молочной продуктивности коров красной белорусской породной группы.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на базе молочно-товарной фермы «Новый двор» УСП «Новый Двор-Агро» Свислочского района Гродненской области. Для исследования использовали биологический материал (ушной выщип) от коров красной белорусской породной группы в количестве 104 проб. Для оценки аллелофонда животных использовали данные продуктивности исследуемых животных по трем лактациям. Племенные карточки животных были предоставлены компьютерной группой по обработке и анализу данных племенного учета РУСП «Гродненское племпредприятие». Исследования проводились в рамках совместной научно-исследовательской тематики БРФФИ и Российского научного фонда по договору № Б23РНФ-060 на тему «Поиск молекулярных маркеров, детерминирующих генетические и фенотипические характеристики аборигенных красных пород крупного рогатого скота России и Беларуси», № государственной регистрации 20221925.

ДНК-генотипирование животных по генам диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (DGAT1), соматотропина (GH), пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG) проводили с использованием метода полимеразной цепной реакции (ПЦР) и полиморфизма длин рестрикционных фрагментов (ПДРФ). Ядерную ДНК выделяли перхлоратным методом. Основные растворы для выделения ДНК готовили по Т. Маниатису, Э. Фрич, Дж. Сэмбруку [2], а для амплификации и рестрикции использовали растворы производства ОДО «Праймтех», Беларусь.

В таблице 1 приведен состав реакционной смеси для проведения амплификации исследуемых локусов генов диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (DGAT1), соматотропина (GH), пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG).

Таблица 1 – Состав реакционной смеси для проведения амплификации исследуемых локусов генов диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (DGAT1), соматотропина (GH), пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG)

Компоненты	Количество реагентов на 1 пробу
1 x Taq-буфер	1 x
50 mM MgCl ₂	2-5 mM
Смесь дНТФ	2-4 mM
Праймер 1	10-25 пМ
Праймер 2	10-25 пМ
Taq-полимераза 2500 ед, Евроген, PK113L	0,5-1,5 е.а.
ДНК	200-250 нг/мкл
H ₂ O	доводим до 25 мкл

Для амплификации участка гена DGAT1 использовали праймеры [3]:

DGAT1 1: 5' CAC CAT CCT CTT CCT CAA GC 3'

DGAT1 2: 5' ATG CGG GAG TAG TCC ATG TC 3'

Условия проведения ПЦР DGAT1: 94°C, 5 мин.; 30 циклов – 94°C, 30 с.; 59°C, 40 с.; 72°C, 40 с.; достройка или финальная элонгация – 72°C, 7 мин. Наличие ПЦР-фрагмента оценивали элек-

трофоретическим методом в 2% агарозном геле при напряжении 120 W 50-60 мин. Длина амплифицированного фрагмента гена *DGAT1* составила 411 п.н. Для рестрикции амплифицированного локуса гена *DGAT1* применяли эндонуклеазу Aco I. Реакцию проводили при температуре 37°C. Продукты рестрикции генов разделяли электрофоретически в 3% агарозном геле при напряжении 130 W 50-60 мин., в 1×TBE буфере. Визуализацию фрагментов проводили при УФ-свете на системе геле-документирования GelDocRX+(BIORAD) с использованием бромистого этидия. При расщеплении продуктов амплификации гена *DGAT1* идентифицировался генотип: *DGAT1^{KK}* – фрагмент 411 п.н. (рисунок 1).

Для амплификации участка гена *GH* использовали праймеры [4]:

GH 1: 5' CCGTGTCTATGAGAAGC 3'

GH 2: 5' GTTCTTGAGCAGCGCGT 3'

Условия проведения ПЦР *GH*: 94°C, 4 мин.; 35 циклов – 94°C, 45 с.; 65°C, 45 с.; 72°C, 45 с.; достройка или финальная элонгация – 72°C, 7 мин. Наличие ПЦР-фрагмента оценивали электрофоретическим методом в 2% агарозном геле при напряжении 120 W 50-60 мин. Длина амплифицированного фрагмента гена *GH* составила 223 п.н. Для рестрикции амплифицированного участка гена *GH* применяли эндонуклеазу AluI. Реакцию проводили при температуре 37°C. Продукты рестрикции генов разделяли электрофоретически в 3% агарозном геле при напряжении 130 W 50-60 мин., в 1×TBE буфере. Визуализацию фрагментов проводили при УФ-свете на системе геле-документирования GelDocRX+(BIORAD) с использованием бромистого этидия. При расщеплении продуктов амплификации по гену *GH* идентифицировались генотипы: *GH^{LL}* – 208 п.н.; *GH^{LV}* – 208/172/35 п.н.; *GH^{VV}* – 172/35 п.н. (рисунок 2).

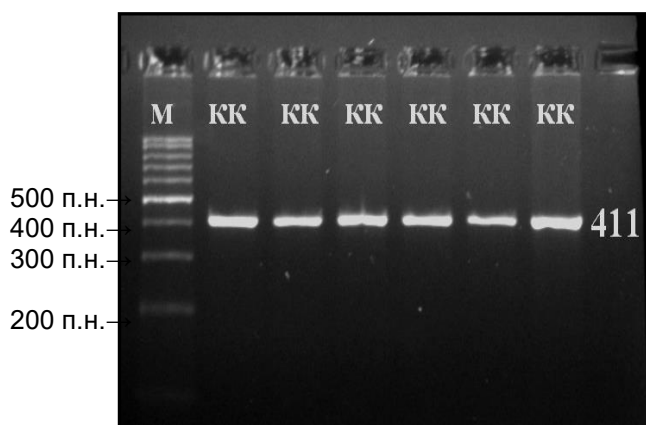


Рисунок 1 – Электрофореграмма рестрикционного анализа гена *DGAT1*

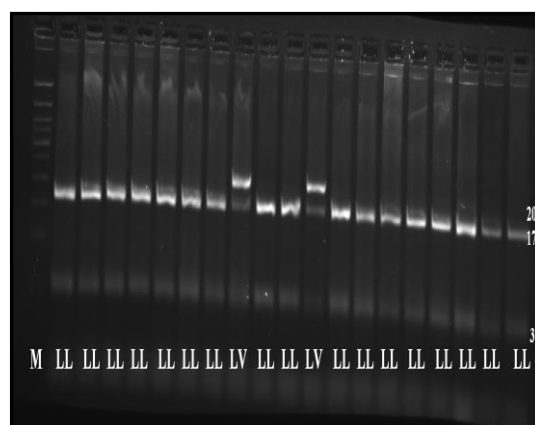


Рисунок 2 – Электрофореграмма рестрикционного анализа гена *GH*

Обозначения: М – маркер молекулярного веса 200-500 п.н. (ОДО «Праймтех», Беларусь).

Для амплификации участка гена *BLG* использовали праймеры [5]:

BLG 1: 5' TGTGCTGGACACCGACTACAAAAG 3'

BLG 2: 5' GCTCCCGGTATATGACCACCCTCT 3'

Условия проведения ПЦР *BLG*: 94°C, 5 мин.; 30 циклов – 94°C, 30 сек.; 59°C, 40 сек; 72°C, 20 сек; элонгация – 72°C, 3 мин. Наличие ПЦР-фрагмента оценивали электрофоретическим методом в 2% агарозном геле при напряжении 120 W 50-60 мин. Длина фрагмента гена *BLG* – 247 п.н. Для рестрикции амплифицированного участка гена *BLG* применяли эндонуклеазу BsuRI (HaeIII). Реакцию проводили при температуре 37°C.

Продукты рестрикции генов разделяли электрофоретически в 3% агарозном геле при напряжении 130 W 50-60 мин., в 1×TBE буфере. Визуализацию фрагментов проводили при УФ-свете на системе геле-документирования GelDocRX+(BIORAD) с использованием бромистого этидия. При расщеплении продуктов амплификации по гену *BLG* идентифицируются следующие генотипы: *BLG^{AA}* – фрагменты 148/99 п.н.; *BLG^{AB}* – фрагменты 148/99/74 п.н.; *BLG^{BB}* – фрагменты 99/74 п.н. (рисунок 3).

Для амплификации участка гена *PRL* использовали праймеры [6]:

PRL 1: 5' CGAGTCCTTATGAGCTTGATTCTT 3'

PRL 2: 5' GCCTTCCAGAAGTCGTTTGTTC 3'

Условия проведения ПЦР *PRL*: 94°C, 4 мин.; 35 циклов – 94°C, 45 с.; 65°C, 45 с.; 72°C, 45 с.; элонгация – 72°C, 7 мин. Наличие ПЦР-фрагмента оценивали электрофоретическим методом в 2% агарозном геле при напряжении 120 W 50-60 мин. Длина амплифицированного фрагмента гена *PRL* – 156 п.н. Для рестрикции амплифицированного участка гена *PRL* применяли эндонуклеазу Rsa I.

Реакцию проводили при температуре 37°C. Продукты рестрикции генов разделяли электрофоретически в 3% агарозном геле при напряжении 130 W 50-60 мин., в 1×TBE буфере. Визуализацию фрагментов проводили при УФ-свете на системе гель-документирования GelDocRX+(BIORAD) с использованием бромистого этидия. При расщеплении продуктов амплификации по гену *PRL* идентифицируются следующие генотипы: *PRL^{AA}* – длиной 156 п.н.; *PRL^{AB}* – 156/82/74 п.н.; *PRL^{BB}* – 82/74 п.н. (рисунок 4).

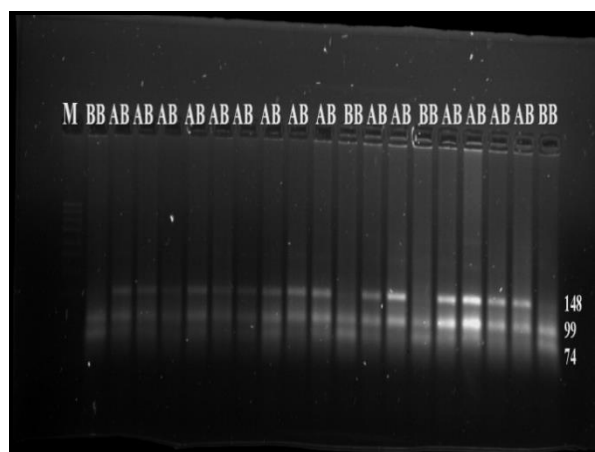


Рисунок 3 – Электрофореграмма рестрикционного анализа гена *BLG*

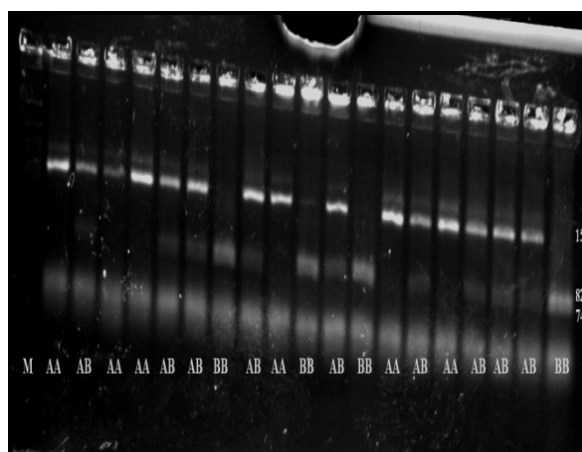


Рисунок 4 – Электрофореграмма рестрикционного анализа гена *PRL*

Частота встречаемости аллелей по генам диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (*DGAT1*), пролактина (*PRL*), бета-лактоглобулина (*BLG*) и соматотропина (*GH*) рассчитана по формулам по Е.К. Меркурьевой [7]. Для оценки генетического равновесия в популяции по изучаемым генам определяли критерий хи-квадрат (χ^2) или критерий Пирсона [8].

Для изучения молочной продуктивности подопытные животные красной белорусской породной группы были сгруппированы в зависимости от возраста: первотелки, коровы второго и третьего отелов. Молочную продуктивность коров определяли по результатам контрольных доений. В статистическую обработку включали показатели животных, продолжительность лактации у которых была не менее 240 дней. У животных с различными генотипами по изучаемым генам учитывали удой, массовую долю жира и белка, выход молочного жира и белка за 305 дней лактации или укороченную лактацию.

Статистическую обработку полученных данных проводили методами биологической статистики в описании Н.А. Плохинского [9], используя при этом компьютерную программу Microsoft Excel. Достоверными считались различия при уровне значимости * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$.

Результаты исследований. Характеристика генофонда крупного рогатого скота по полиморфизму генов, связанных с показателями молочной продуктивности животных, крайне важна для создания стада с более высокими качественными показателями молока.

В таблице 2 представлена генетическая структура коров красной белорусской породной группы по генам *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG*.

Таблица 2 – Генетическая структура популяции коров красной белорусской породной группы генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG* (n=104)

Ген	Частота встречаемости								Критерий χ^2
	фактическая					ожидаемая			
	аллелей		генотипов, %			генотипов, %			
<i>DGAT1</i>	A	K	KK	AK	AA	KK	AK	AA	—
	—	1,0	100,0	—	—	100,0	—	—	
<i>GH</i>	L	V	LL	LV	VV	LL	LV	VV	0,1784
	0,813	0,187	66,0	32,0	2,0	66,0	30,0	4,0	
<i>PRL</i>	A	B	AA	AB	BB	AA	AB	BB	2,3142
	0,870	0,130	74,0	26,0	—	76,0	22,0	2,0	
<i>BLG</i>	A	B	AA	AB	BB	AA	AB	BB	9,2470**
	0,543	0,457	22,0	65,0	13,0	29,0	50,0	21,0	

В результате проведенных исследований установлено, что у коров красной белорусской породной группы по гену *DGAT1* все животные имели лишь один генотип – *DGAT1^{KK}*, т.е. по данному гену отсутствовал полиморфизм. Ген *DGAT1* определен как генетический маркер, влияющий на качество молока. Он используется в биосинтезе липидов и связан с жирномолочностью коров [10]. Установлено, что гомозиготный генотип *DGAT1^{KK}* является наиболее желательным, т.к. коровы, имеющие данный генотип, производят более жирное молоко, чем коровы с гетеро- и гомозиготными генотипами *DGAT1^{AK}* и *DGAT1^{AA}* [11]. В результате проведенных нами исследований установлено, что у коров красной белорусской породной группы выявлен лишь один генотип – *DGAT1^{KK}*, т.е. исследованная выборка коров по гену *DGAT1* была мономорфная, частота аллеля K = 1. Полученные данные свидетельствуют о том, что стадо хорошо отселекционировано и все животные имеют желательный по показателю жирномолочности генотип – *DGAT1^{KK}*. Установлен полиморфизм гена *GH*, представленный двумя аллелями – *GH^L* и *GH^V*, при этом идентифицировано три генотипа *GH^{LL}*, *GH^{LV}* и *GH^{VV}*.

Среди опытных животных чаще встречались особи с генотипами *GH^{LL}* – 66% (68 голов), *GH^{LV}* – 32% (33 головы), а *GH^{VV}* – 2% коров (3 головы). По результатам исследований установлен полиморфизм гена *PRL*, представленный двумя аллелями – *PRL^A* и *PRL^B*, при этом идентифицировано два генотипа: *PRL^{AA}* и *PRL^{AB}*. Чаще встречались особи с генотипом *PRL^{AA}* – 74% (77 голов), с генотипом *PRL^{AB}* – 26% особей (27 голов). Что касается гена *BLG*, то также установлен его полиморфизм. Он представлен двумя аллелями – *BLG^A* и *BLG^B*, при этом было идентифицировано три генотипа: два гомозиготных – AA и BB, гетерозиготный – AB. Частота встречаемости особей с генотипом *BLG^{AB}* – 65% (67 голов), с генотипом *BLG^{AA}* – 22% (23 головы), а с генотипом *BLG^{BB}* – 13% (14 голов) соответственно. В таблице представлена ожидаемая (теоретическая) частота встречаемости генотипов по гену *BLG*. Сравнив полученные результаты, можно отметить значительные отклонения между фактической и ожидаемой частотой встречаемости генотипов. Для оценки генетического равновесия по изучаемым генам был определен критерий хи-квадрат (χ^2), который свидетельствует о том, что по генам *GH* и *PRL* генетическое равновесие не нарушено. Что касается гена *BLG*, то полученные данные свидетельствуют о нарушении генетического равновесия, что может указывать на ведение интенсивного селекционного процесса на увеличение молочной продуктивности (обильномолочности).

Поскольку все коровы красной белорусской породной группы, протестированные по гену-маркеру *DGAT1*, имели один гомозиготный генотип – *DGAT1^{KK}*, не представляется возможным оценить показатели молочной продуктивности в сравнительном аспекте с учетом его генотипов. В этой связи сравнение проводили по показателям молочной продуктивности с учетом лактации, а также в сравнении со средними показателями по гену *GH*.

Сравнительный анализ данных, представленных в таблице 3, свидетельствует о том, что более высокие показатели молочной продуктивности имели гомозиготные по гену *GH* первотелки генотипа *GH^{LL}*. Так, по удою за 305 дней лактации они превосходили гетерозиготных особей генотипа *GH^{LV}* на 0,9%, а животных генотипа *GH^{VV}* – на 3,0% соответственно. По жирномолочности гомо- и гетерозиготные первотелки с генотипами *GH^{LL}* и *GH^{LV}* находились на одном уровне и превосходили гомозиготных сверстниц с генотипом *GH^{VV}* на 0,2 п.п.

Таблица 3 – Показатели молочной продуктивности первотелок с различными генотипами по генам *DGAT1* и *GH* ($M \pm m$)

Показатели	Генотип			
	<i>DGAT1^{KK}</i>	<i>GH^{LL}</i>	<i>GH^{LV}</i>	<i>GH^{VV}</i>
Удой за 305 дней лактации, кг	5918,40± 115,54*	5807,00± 157,97	5754,00± 135,99	5638,10± 186,11
Массовая доля жира, %	4,10± 0,05	4,10± 0,06*	4,10± 0,08*	3,90± 0,09
Количество молочного жира, кг	236,80± 5,90	238,10± 7,79**	235,50± 7,78*	221,60± 8,59
Массовая доля белка, %	3,30± 0,07	3,40± 0,04*	3,30± 0,05	3,20± 0,07
Количество молочного белка, кг	192,10± 5,52	196,90± 4,96**	194,20± 6,31*	180,40± 7,37

Количество молочного жира за 305 дней лактации также оказалось выше у гомозиготных первотелок с генотипом GH^{LL} и составило $238,10 \pm 7,79$ кг, что на 1,1% выше, чем у особей с генотипом GH^{LV} и на 7,4% – чем у животных с генотипом GH^{VV} . Аналогичная тенденция наблюдалась по показателям белкомолочности и количеству молочного жира. Так, массовая доля белка в молоке гомозиготных первотелок генотипа GH^{LL} составила $3,40 \pm 0,04\%$, генотипа GH^{LV} – $3,30 \pm 0,05\%$ и генотипа GH^{VV} – $3,20 \pm 0,07\%$ соответственно. Количество молочного белка оказалось выше у гомозиготных первотелок генотипа GH^{LL} на 9,1% ($P < 0,01$) по сравнению с аналогичными показателями гомозиготных особей генотипа GH^{VV} , а у гетерозиготных животных генотипа GH^{LV} оно было выше на 7,6% ($P < 0,05$) по сравнению с первотелками генотипа GH^{VV} , но на 1,3% ниже, чем у особей генотипа GH^{LL} .

Результаты сравнительной оценки показателей молочной продуктивности животных по гену $DGAT1$ со средними показателями сверстниц трех генотипов по гену GH показали, что удой у коров с генотипом $DGAT1^{KK}$ был выше, чем средний показатель животных по гену GH , на 3,2% ($P < 0,05$), по массовой доле жира и белка в молоке достоверных различий не было выявлено, а по количеству жира и белка в молоке коровы с генотипом $DGAT1^{KK}$ превосходили своих сверстниц со средними показателями трех генотипов по гену GH на 2,2% и на 0,8% соответственно.

В таблице 4 представлены показатели молочной продуктивности коров с различными генотипами по генам $DGAT1$ и GH по второй лактации.

Таблица 4 – Показатели молочной продуктивности коров с различными генотипами по генам $DGAT1$ и GH по второй лактации ($M \pm m$)

Показатели	Генотип			
	$DGAT1^{KK}$	GH^{LL}	GH^{LV}	GH^{VV}
Удой за 305 дней лактации, кг	$6144,63 \pm 151,66$	$6248,90 \pm 125,51^{**}$	$6119,10 \pm 186,83^*$	$5672,40 \pm 153,24$
Массовая доля жира, %	$4,10 \pm 0,05$	$4,10 \pm 0,06^*$	$4,10 \pm 0,07^*$	$3,80 \pm 0,09$
Количество молочного жира, кг	$249,80 \pm 7,26^*$	$255,70 \pm 8,95^{**}$	$247,90 \pm 7,66^*$	$215,50 \pm 8,32$
Массовая доля белка, %	$3,40 \pm 0,04$	$3,40 \pm 0,07$	$3,40 \pm 0,05$	$3,40 \pm 0,07$
Количество молочного белка, кг	$209,40 \pm 5,35$	$211,40 \pm 7,96^{**}$	$210,00 \pm 7,27^*$	$192,80 \pm 8,56$

Полученные результаты свидетельствуют о том, что по гену $DGAT1$ коровы второй лактации имели более высокие показатели молочной продуктивности по сравнению с первотелками. Так, удой у коров второй лактации был выше, чем у первотелок, на 3,8%, белкомолочность – на 0,1 п.п. По массовой доле жира в молоке различий между коровами второй лактации и первотелками не наблюдалось. Учитывая, что удой у коров второй лактации был выше, чем у первотелок, а по массовой доле жира и белка в молоке различий не наблюдалось либо они были несущественны, то количество молочного белка и жира также было выше у коров второй лактации по сравнению с первотелками. Что касается гена GH , то показатели молочной продуктивности коров по второй лактации повторяют динамику аналогичных показателей первотелок. Гомозиготные по гену GH коровы второй лактации генотипа GH^{LL} характеризуются более высокими показателями молочной продуктивности по сравнению с гетеро- и гомозиготными животными генотипов GH^{LV} и GH^{VV} . Так, гомозиготные коровы второй лактации генотипа GH^{LL} имели удой $6248,90 \pm 125,51$ кг и превосходили показатели гетерозиготных животных с генотипом GH^{LV} на 2,1%, с генотипом GH^{VV} – на 10,1% ($P < 0,01$) соответственно.

По массовой доле жира в молоке гомо- и гетерозиготные коровы второй лактации с генотипами GH^{LL} и GH^{LV} превосходили гомозиготных животных с генотипом GH^{VV} на 0,3 п.п. ($P < 0,05$). Показатель белкомолочности у коров трех генотипов по гену GH составлял 3,4%. Учитывая, что удой у гомозиготных коров с генотипом GH^{LL} был выше, чем у животных двух других генотипов, то и количество молочного белка в молоке у них также было выше и составило $211,4 \pm 7,96$ кг ($P < 0,01$), в то время как у гетерозиготных животных с генотипом GH^{LV} – $210,0 \pm 7,27$ кг ($P < 0,05$), с генотипом GH^{VV} – $192,8 \pm 8,56$ кг соответственно. Результаты сравнительной оценки показателей молочной продуктивности животных по гену $DGAT1$ со средними показателями сверстниц трех генотипов по гену GH показали, что удой у коров с генотипом $DGAT1^{KK}$ был выше, чем средний показатель по гену GH , на 2,2%, по массовой доле жира и белка в молоке достоверных различий не было выявлено, а по количеству молочного жира и белка животные с генотипом $DGAT1^{KK}$ превосходили своих сверстниц со средними показателями трех генотипов по гену GH на 4,2% ($P < 0,05$) и на 2,2% соответственно.

В таблице 5 приведены показатели молочной продуктивности коров с различными генотипами по генам $DGAT1$ и GH по третьей лактации. Анализ полученных данных свидетельствует о том, что

показатели молочной продуктивности коров по третьей лактации несколько отличались от данных, полученных за вторую лактацию. По гену *DGAT1* коровы третьей лактации имели более высокие качественные показатели молока в сравнении с животными второй лактации. Так, удой у коров третьей лактации был выше, чем у животных второй, на 5,4% ($P<0,05$), белковомолочность – на 0,2 п.п. ($P<0,05$). По массовой доле жира в молоке различий между коровами третьей и второй лактации не наблюдалось. Количество молочного белка и жира также было выше у коров третьей лактации в сравнении с животными второй лактации. Оценка показателей молочной продуктивности по гену *DGAT1* в динамике свидетельствует о том, что с повышением порядкового номера лактации показатели молочной продуктивности возрастают.

Таблица 5 – Показатели молочной продуктивности коров с различными генотипами по генам *DGAT1* и *GH* по третьей лактации ($M\pm m$)

Показатели	Генотип			
	<i>DGAT1^{KK}</i>	<i>GH^{LL}</i>	<i>GH^{LV}</i>	<i>GH^{VV}</i>
Удой за 305 дней лактации, кг	6480,60± 166,32*	6393,40± 154,09	6536,10± 174,10*	6210,00± 205,52
Массовая доля жира, %	4,10± 0,07	4,10± 0,09	4,00± 0,09	4,10± 0,09
Количество молочного жира, кг	262,00± 9,41	261,70± 9,07	262,30± 9,30	254,20± 7,97
Массовая доля белка, %	3,60± 0,04	3,60± 0,06	3,50± 0,05	3,50± 0,09
Количество молочного белка, кг	230,40± 9,35	230,30± 7,59*	230,50± 9,10*	217,30± 8,98

Результаты исследований по гену *GH* свидетельствуют о том, что удой за 305 дней лактации был несколько выше у гетерозиготных особей с генотипом *GH^{LV}* в сравнении с удоём гомо- и гетерозиготных коров генотипов *GH^{LL}* и *GH^{VV}*. Вместе с тем по показателям жирномолочности и белковомолочности более высокие показатели имели гомозиготные коровы третьей лактации с генотипом *GH^{LL}*. Так, массовая доля жира в молоке у них составила 4,10±0,09%, массовая доля белка – 3,60±0,06% соответственно, что выше, чем у сверстниц, на 0,1 п.п. Несмотря на то, что удой был незначительно выше, у гетерозиготных коров с генотипом *GH^{LV}*, в сравнении с гомозиготными особями генотипа *GH^{LL}*, по количеству молочного жира и белка отличий не наблюдалось, т.к. жирномолочность и белковомолочность была несколько выше у коров генотипа *GH^{LL}*. Наиболее низкий удой был у гомозиготных коров генотипа *GH^{VV}* по третьей лактации, и, несмотря на то, что показатели жирно- и белковомолочности у них находились на уровне животных двух других генотипов, количество молочного жира и белка в молоке оказались ниже за счет более низкого удоёя.

В таблице 6 приведены показатели молочной продуктивности первотелок с различными генотипами по генам пролактина (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*).

Таблица 6 – Показатели молочной продуктивности первотелок с различными генотипами по генам *PRL* и *BLG* ($M\pm m$)

Генотип	Показатели				
	удой за 305 дней лактации, кг	массовая доля жира, %	количество молочного жира, кг	массовая доля белка, %	количество молочного белка, кг
<i>PRL^{AA}</i>	5769,10±122,55	4,1±0,05	236,5±6,60	3,4±0,04	195,1±4,68
<i>PRL^{AB}</i>	5916,80±178,59*	4,1±0,09	240,4±9,32	3,4±0,05	201,7±6,37*
<i>BLG^{AA}</i>	5539,10±145,02	4,2±0,08*	232,6±8,34	3,5±0,06*	193,8±5,98
<i>BLG^{AB}</i>	5806,90±151,73*	4,1±0,06	238,1±7,93*	3,4±0,04	197,4±5,02*
<i>BLG^{BB}</i>	5838,10±145,82*	4,0±0,09	233,5±9,22	3,3±0,07	192,6±6,77

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что наиболее высокие показатели молочной продуктивности имели гетерозиготные первотелки с генотипом *PRL^{AB}*. Так, по удою за 305 дней лактации они превосходили гомозиготных особей по аллелю *PRL^A* на 2,5% ($P<0,05$), по жирно- и белковомолочности гетерозиготные по гену *PRL* первотелки и гомозиготные по аллелю *A* находились на одном уровне – 4,10±0,05% и 3,40±0,05% соответственно. Учитывая, что удой был выше у животных с генотипом *PRL^{AB}* при одинаковой жирно- и белковомолочности, количество молочного жира и белка было выше у гетерозиготных первотелок *PRL^{AB}* на 1,6% и 3,0% ($P<0,05$) соответственно. Что касается гена *BLG*, то наиболее высокие показатели по удою имели

первотелки с аллелем В, они превосходили своих сверстниц, имеющих аллель А, на 5,3% ($P<0,05$) и 4,8% ($P<0,05$) соответственно. Подобная тенденция была отмечена в исследованиях Епишко О.А. и др. [12]. Вместе с тем наиболее высокая жирно- и белкомолочность была у гомозиготных первотелок генотипа BLG^{AA} и составила $4,20\pm0,08\%$ ($P<0,05$) и $3,50\pm0,06\%$ ($P<0,05$) соответственно. Так, по содержанию молочного жира коровы с аллелем BLG^A превосходили гетерозиготных сверстниц BLG^{AB} на 0,1 п.п., а животных с аллелем BLG^B – на 0,2 п.п. ($P<0,05$) соответственно.

Аналогичная тенденция наблюдалась и по содержанию белка в молоке. По количеству молочного жира и белка наиболее высокие показатели оказались у гетерозиготных первотелок генотипа BLG^{AB} . По этим показателям они превосходили гомозиготных животных генотипа BLG^{AA} на 2,3% ($P<0,05$) и 1,8%, а гомозиготных первотелок генотипа BLG^{BB} – на 1,9 и 2,4% ($P<0,05$) соответственно.

В таблице 7 приведены показатели молочной продуктивности коров с различными генотипами по генам PRL и BLG по второй лактации. Анализ полученных данных свидетельствует о том, что показатели молочной продуктивности коров по второй лактации несколько отличаются от аналогичных показателей первотелок. У гомозиготных по гену PRL коров генотипа PRL^{AA} по второй лактации удой был выше, чем у гетерозиготных животных генотипа PRL^{AB} на 0,8%. Что касается жирно- и белкомолочности, то эти показатели были выше у гетерозиготных коров генотипа PRL^{AB} по сравнению с гомозиготными животными генотипа PRL^{AA} на 0,1 п.п. Количество молочного жира и белка также оказалось выше у гетерозиготных коров второй лактации с генотипом PRL^{AB} на 2,1% и 2,2% ($P<0,05$) соответственно, что повторяет динамику данных показателей у первотелок. По гену BLG динамика показателей молочной продуктивности коров второй лактации была аналогична динамике этих показателей у первотелок. Так, по удою за 305 дней лактации наиболее высокий показатель имели гомозиготные коровы с генотипом BLG^{BB} , они превосходили гетерозиготных сверстниц с генотипом BLG^{AB} на 2,8% ($P<0,05$), а особей по аллелю BLG^A – на 3,1% ($P<0,05$) соответственно. По показателям жирно- и белкомолочности между животными трех генотипов по гену BLG различий практически не наблюдалось.

Таблица 7 – Показатели молочной продуктивности коров с различными генотипами по генам PRL и BLG по второй лактации ($M\pm m$)

Генотип	Показатели				
	удой за 305 дней лактации, кг	массовая доля жира, %	количество молочного жира, кг	массовая доля белка, %	количество молочного белка, кг
PRL^{AA}	$6148,60\pm151,66$	$4,0\pm0,06$	$245,9\pm8,78$	$3,4\pm0,04$	$207,8\pm6,86$
PRL^{AB}	$6094,20\pm219,52$	$4,1\pm0,09$	$251,4\pm7,89^*$	$3,5\pm0,08$	$212,4\pm8,89^*$
BLG^{AA}	$5996,20\pm193,41$	$4,1\pm0,09$	$246,3\pm9,12$	$3,5\pm0,08$	$209,8\pm6,83^*$
BLG^{AB}	$6010,90\pm126,40$	$4,1\pm0,06$	$245,8\pm9,72$	$3,4\pm0,04$	$204,3\pm5,02$
BLG^{BB}	$6184,80\pm178,6^*$	$4,1\pm0,09$	$251,6\pm8,47^*$	$3,5\pm0,06$	$216,5\pm9,22^{**}$

Данные показатели находились на уровне $4,00\pm0,06$ – $4,10\pm0,09\%$ и $3,40\pm0,04$ – $3,50\pm0,05\%$ соответственно. Что касается количества молочного жира и белка в молоке, то данные показатели были выше у гомозиготных животных с генотипом BLG^{BB} и составили $251,6\pm8,47$ кг ($P<0,05$) и $216,5\pm9,22$ кг ($P<0,01$) соответственно. По количеству молочного жира гомозиготные коровы второй лактации с генотипом BLG^{BB} превосходили гетерозиготных особей с генотипом BLG^{AB} на 2,3% ($P<0,05$), гомозиготных особей с генотипом BLG^{AA} – на 2,1% ($P<0,05$), а по количеству молочного белка – на 5,9% ($P<0,01$) и 3,1% ($P<0,05$) соответственно.

В таблице 8 приведены показатели молочной продуктивности коров с различными генотипами по генам PRL и BLG по третьей лактации. Полученные результаты свидетельствуют о том, что показатели молочной продуктивности коров по третьей лактации повторяют динамику таковых по второй лактации.

Таблица 8 – Показатели молочной продуктивности коров с различными генотипами по генам PRL и BLG по третьей лактации ($M\pm m$)

Генотип	Показатели				
	удой за 305 дней лактации, кг	массовая доля жира, %	количество молочного жира, кг	массовая доля белка, %	количество молочного белка, кг
PRL^{AA}	$6632,80\pm158,32^{**}$	$4,0\pm0,06$	$264,6\pm9,42^*$	$3,5\pm0,06$	$232,2\pm9,55^*$
PRL^{AB}	$6194,30\pm210,51$	$4,2\pm0,09^*$	$260,2\pm7,25$	$3,6\pm0,08$	$222,3\pm9,48$
BLG^{AA}	$6299,30\pm123,87^*$	$4,1\pm0,08$	$255,3\pm9,40^*$	$3,5\pm0,07$	$220,5\pm8,01^*$
BLG^{AB}	$5996,70\pm208,50$	$4,0\pm0,09$	$236,3\pm8,13$	$3,6\pm0,08$	$215,3\pm5,02$
BLG^{BB}	$6759,30\pm222,3^{**}$	$4,0\pm0,08$	$270,4\pm8,47^{**}$	$3,5\pm0,06$	$236,5\pm9,89^{**}$

Так, удой за 305 дней лактации был выше у гомозиготных животных по аллелю PRL^A , по сравнению с удоём гетерозиготных особей генотипа PRL^{AB} , на 7,0% ($P<0,01$). Массовая доля жира и белка в молоке была выше у гетерозиготных животных с генотипом PRL^{AB} , по сравнению с гомозиготными коровами генотипа PRL^{AA} , на 0,2 п.п. ($P<0,05$) и 0,1 п.п. соответственно. Аналогичная тенденция наблюдалась и у коров второй лактации, у которых массовая доля жира и белка в молоке у гетерозиготных животных с генотипом PRL^{AB} была выше, чем у гомозиготных особей генотипа PRL^{AA} , на 0,1 п.п. Количество молочного жира и белка в молоке оказалось выше у гомозиготных коров с генотипом PRL^{AA} за счет более высокого удоёя.

По гену BLG динамика показателей молочной продуктивности коров третьей лактации повторила динамику двух предыдущих лактаций. Так, по удою за 305 дней лактации наиболее высокий показатель имели гомозиготные коровы с генотипом BLG^{BB} , они превосходили гетерозиготных сверстниц с генотипом BLG^{AB} на 12,7% ($P<0,01$), а особей по аллелю BLG^A – на 7,3% ($P<0,01$) соответственно. По жирно- и белковомолочности в молоке животные трех генотипов по гену BLG практически не отличались друг от друга. По количеству молочного жира и белка в молоке наиболее высокие показатели имели особи с аллелем BLG^B : они превосходили гетерозиготных животных с генотипом BLG^{AB} на 11,4% ($P<0,01$) и на 9,7% ($P<0,01$), а гомозиготных животных с генотипом BLG^{AA} – на 5,9% ($P<0,05$) и на 7,2% ($P<0,05$) соответственно, что объясняется более высоким удоём по сравнению со сверстницами.

Заключение. Таким образом, результаты проведенных исследований по изучению влияния полиморфизма генов диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 ($DGAT1$) и соматотропина (GH) на показатели молочной продуктивности коров красной белорусской породной группы показали, что в большинстве случаев гомозиготные животные с генотипом GH^{LL} превосходили своих гетеро- и гомозиготных сверстниц с генотипами GH^{LV} и GH^{LL} по удою за 305 дней лактации на 0,9% ... 10,1% ($P<0,01$), жирно- и белковомолочности – на 0,2 п.п. ... 0,3 п.п. ($P<0,05$), количеству молочного жира и белка в молоке – на 1,1% ... 9,1% ($P<0,01$). Оценка показателей молочной продуктивности коров по гену $DGAT1$ в динамике свидетельствует о том, что с повышением порядкового номера лактации показатели молочной продуктивности возрастают: удой – на 3,8% ... 5,4% ($P<0,05$), массовая доля белка в молоке – на 0,2 п.п. ... 0,3 п.п. ($P<0,05$), количество молочного жира – на 4,8% ... 10,6% ($P<0,01$), количество молочного белка – на 10,0% ... 19,9% ($P<0,01$).

По гену пролактина (PRL) наиболее высокий удой был у гетерозиготных первотелок с генотипом PRL^{AB} , он превышал удой гомозиготных животных с генотипом PRL^{AA} на 2,5%, а у коров второй и третьей лактаций наиболее высокий удой был у гомозиготных животных с генотипом PRL^{AA} . Он был выше, чем удой гетерозиготных коров с генотипом PRL^{AB} по второй и третьей лактациям, на 0,8% ... 7,0% ($P<0,05$) соответственно. По жирно- и белковомолочности гетерозиготные животные генотипа PRL^{AB} превосходили своих гомозиготных сверстниц генотипа PRL^{AA} на 0,1 п.п. ... 0,2 п.п. По гену бета-лактоглобулина (BLG) более высокий удой за 305 дней лактации, а также количество молочного жира и белка в молоке имели гомозиготные животные с генотипом BLG^{BB} , они превосходили показатели гетеро- и гомозиготных сверстниц с генотипами BLG^{AB} и BLG^{AA} : по удою – на 0,5% ... 12,7% ($P<0,01$), по количеству молочного жира – на 2,1% ... 14,4% ($P<0,01$), а по количеству молочного белка в молоке – на 5,9% ($P<0,05$) ... 9,8% ($P<0,01$) соответственно, причем с увеличением порядкового номера лактации разница по этим показателям с гетеро- и гомозиготными сверстницами генотипов BLG^{AB} и BLG^{AA} возрастала.

Conclusion. Thus, the results of studies on the influence of diacylglycerol O-acyl transferase 1 ($DGAT1$) and somatotropin (GH) gene polymorphism on milk productivity of red Belarusian cows have shown that in most cases homozygous animals with GH^{LL} genotype surpassed their hetero- and homozygous peers with GH^{LV} and GH^{LL} genotypes in milk yield for 305 days of lactation by 0.9% ... 10.1% ($P<0.01$), fat- and protein-milk yield by 0.2 pp. n. ... 0.3 p.p. ($P<0.05$), the amount of milk fat and protein in milk by 1.1% ... 9.1% ($P<0.01$). Evaluation of milk productivity indicators of cows on $DGAT1$ gene in dynamics shows that with the increase of lactation serial number milk productivity indicators increase: milk yield by 3.8% ... 5.4% ($P<0.05$), mass fraction of protein in milk - by 0.2 p.p. ... 0.3 p.p. ... 0.3 p.p. ($P<0.05$), milk fat amount - by 4.8% ... 10.6% ($P<0.01$), milk protein content - by 10.0% ... 19.9% ($P<0.01$).

For prolactin gene (PRL) the highest milk yield was in heterozygous first heifers with PRL^{AB} genotype, it exceeded the milk yield of homozygous animals with PRL^{AA} genotype by 2.5%, and in cows of the second and third lactations the highest milk yield was in homozygous animals with PRL^{AA} genotype. It was higher than milk yield of heterozygous cows with PRL^{AB} genotype in the second and third lactations by 0.8% ... 7.0% ($P<0.05$), respectively. In terms of fat and protein milk yield, heterozygous animals of PRL^{AB} genotype surpassed their homozygous peers of PRL^{AA} genotype by 0.1 p.p. ... 0.2 p.p. ... 0.2 p.p. For the beta-lactoglobulin gene (BLG), homozygous animals with the BLG^{BB} genotype had higher milk yield for 305 days of lactation, as well as the amount of milk fat and protein in milk; they were superior to their hetero- and homozygous counterparts with the BLG^{AB} and BLG^{AA} genotypes: 0.5% ... 12.7% ($P<0.01$) in milk yield, 2.1% ... 14.4% ($P<0.01$) in milk fat, and 5.9% ($P<0.05$) ... 9.8% ($P<0.05$) ... 9.8% ($P<0.01$), respectively,

and with increasing lactation number the difference in these parameters with hetero- and homozygous peers of BLG^{AB} and BLG^{AA} genotypes increased.

Список литературы.

1. Харзинова, В. Р. Полиморфизм ДНК-маркеров DGAT1, TG5 и GH в связи с линейной принадлежностью и уровнем молочной продуктивности коров черно-пестрой породы / В. Р. Харзинова, Н. А. Зиновьева, Е. А. Гладырь // Проблемы биологии продуктив. животных. – 2011. – № 1. – С. 73–77.
2. Маниатис, Т. Молекулярное клонирование. / Т. Маниатис, Э.Фрич, Дж. Сэмбрук. – Москва : Мир, 1984. – 480 с.
3. Effects of DGAT1 variants on milk production traits in Jersey cattle / J. Komisarek, K. Waskowicz, A. Michalak, Z. Dorynek // Animal Science Papers and Reports. – 2004. – Vol.22, № 3. – P. 307–313.
4. Stimulated growth hormone (GH) release in Friesian cattle with respect to GH genotypes / R. Grochowska, L. Zwierzchowski, M. Snochowski, Z. Reklewski // Respod. Nutr. Dev. –1999. – № 39. – P.171–180.
5. Comprehensive assessment of candidate genes associated with fattening performance in Holstein-Frisian bulls / S. Ardicli, H. Samli, B. Vatansever [et al.] // Arch. Animal Breeding. – 2019. – Vol. 62, № 1. – P. 9–32.
6. Polymorphism of PIT-1 and prolactin genes and their effects on milk yield in Holstein Frisian dairy cows bred in Vietnam / N. T. D. Thy, N. T. Thu, N. H. Cuong [et al.] // Russ. J. of Genetics. – 2018. – Vol. 54, № 3. – P. 346–352.
7. Меркурьева, Е. К. Биометрия в селекции и генетике / Е. К. Меркурьева. – Москва : Колос, 1970. – 423 с.
8. Меркурьева, Е. К. Генетика с основами биометрии / Е. К. Меркурьева, Г. Н. Шангин-Березовский. – Москва : Колос, 1983. – 400 с.
9. Плохинский, Н. А. Биометрия / Н. А. Плохинский. – Москва : АН СССР, 1969. – 360 с.
10. Зиннатова, Ф. Ф. Роль генов липидного обмена (DGAT1, TG5) в улучшении хозяйственно-полезных признаков крупного рогатого скота / Ф. Ф. Зиннатова, Ф. Ф. Зиннатов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. – 2014. – Т. 219, № 3. – С. 164–168.
11. Positional candidate cloning of a QTL in dairy cattle: identification of a missense mutation in the bovine DGAT1 gene with major effect on milk yield and composition / B. Grisart, W. Coppieters, F. Farnir [et.al.] // Genome Research. – 2002. – Vol. 12, № 2. – P. 222–231.
12. Епишко, О. А. Влияние генов бета-лактоглобулина и пролактина на показатели молочной продуктивности коров белорусской черно-пестрой породы / О. А. Епишко, В. В. Пешко, Н. Н. Пешко // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сборник научных трудов / Гродненский государственный аграрный университет. – Гродно, 2017. – Т. 37 : Зоотехния. – С. 52–59.

References.

1. 1. Harzinova, V. R. Polimorfizm DNK-markerov DGAT1, TG5 i GH v svyazi s linejnoy prikladzhest'yu i urovnem molochnoj produktivnosti korovcherno-pestroj porody / V. R. Harzinova, N. A. Zinov'eva, E. A. Gladyr' // Problemy biologii produktiv.zhivotnyh. – 2011. – № 1. – S. 73–77.
2. Maniatis, T. Molekulyarnoe klonirovanie. / T. Maniatis, E.Frich, Dzh. Sembruk. – Moskva : Mir, 1984. – 480 s.
3. Effects of DGAT1 variants on milk production traits in Jersey cattle / J. Komisarek, K. Waskowicz, A. Michalak, Z. Dorynek // Animal Science Papers and Reports. – 2004. – Vol.22, № 3. – P. 307–313.
4. Stimulated growth hormone (GH) release in Friesian cattle with respect to GH genotypes / R. Grochowska, L. Zwierzchowski, M. Snochowski, Z. Reklewski // Respod. Nutr. Dev. –1999. – № 39. – P.171–180.
5. Comprehensive assessment of candidate genes associated with fattening performance in Holstein-Frisian bulls / S. Ardicli, H. Samli, B. Vatansever [et al.] // Arch. Animal Breeding. – 2019. – Vol. 62, № 1. – P. 9–32.
6. Polymorphism of PIT-1 and prolactin genes and their effects on milk yield in Holstein Frisian dairy cows bred in Vietnam / N. T. D. Thy, N. T. Thu, N. H. Cuong [et al.] // Russ. J. of Genetics. – 2018. – Vol. 54, № 3. – P. 346–352.
7. Merkur'eva, E. K. Biometriya v selekcii i genetike / E. K. Merkur'eva. – Moskva : Kolos, 1970. – 423 s.
8. Merkur'eva, E. K. Genetika s osnovami biometrii / E. K. Merkur'eva, G. N. SHangin-Berezovskij. – Moskva : Kolos, 1983. – 400 s.
9. Plohinskij, N. A. Biometriya / N. A. Plohinskij. – Moskva : AN SSSR, 1969. – 360 s.
10. Zinnatova, F. F. Rol' genov lipidnogo obmena (DGAT1, TG5) v uluchshenii hozyajstvenno-poleznyh priznakov krupnogo rogatogo skota / F. F. Zinnatova, F. F. Zinnatov // Uchenye zapiski Kazanskoj gosudar-stvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. E. Baumana. – 2014. – T. 219, № 3. – S. 164–168.
11. Positional candidate cloning of a QTL in dairy cattle: identification of a missense mutation in the bovine DGAT1 gene with major effect on milk yield and composition / B. Grisart, W. Coppieters, F. Farnir [et.al.] // Genome Research. – 2002. – Vol. 12, № 2. – P. 222–231.
12. Epishko, O. A. Vliyanie genov beta-laktoglobulina i prolaktina na pokazateli molochnoj produktivnosti korov belorusskoj cherno-pestroj porody / O. A. Epishko, V. V. Peshko, N. N. Peshko // Sel'skoe hozyajstvo – problemy i perspektivy : sbornik nauchnyh trudov / Grodnenskij gosudarstvennyj. agrarnyj universitet. – Grodno, 2017. – T. 37 : Zootekhniya. – S. 52–59.

Поступила в редакцию 09.01.2025.