

А. Н. Михалюк, Л. А. Танана

АССОЦИАЦИЯ КОМПЛЕКСА ПОЛИМОРФНЫХ ВАРИАНТОВ ГЕНОВ *DGATI*, *GH*, *PRL* И *BLG* С ПОКАЗАТЕЛЯМИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ КРАСНОЙ БЕЛОРУССКОЙ ПОРОДНОЙ ГРУППЫ

Учреждение образования

«Гродненский государственный аграрный университет»

Республика Беларусь, 230008, г. Гродно, ул. Терешковой, 28

e-mail: alex-vet@mail.ru

При оценке ассоциированного влияния комплекса полиморфных вариантов генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGATI*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*) с показателями молочной продуктивности коров красной белорусской породной группы установлено, что наиболее высокие показатели молочной продуктивности имели животные с комплексным генотипом *DGATI^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AB}*.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, комплексные генотипы, гены диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGATI*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*), молочная продуктивность.

Введение

Для повышения эффективности селекционно-племенной работы, направленной на повышение и совершенствование наиболее важных хозяйственно-полезных признаков, рекомендуется маркировать один и тот же признак по нескольким генам. Комплексное маркирование позволяет более эффективно проводить селекционную работу, что способствует повышению уровня молочной продуктивности крупного рогатого скота [1, 2]. Вместе с тем во многих доступных нам научных работах комплексное влияние генов на хозяйственно-полезные признаки крупного рогатого скота не рассматривалось. Предполагается, что небольшое количество коров с редкими генотипами в стаде не позволяет делать категоричные выводы о взаимосвязи генотипов с показателями молочной продуктивности, что предполагает проведение дальнейших исследований [3, 4]. В качестве перспективных генов-маркеров продуктивности коров выделяют гены диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGATI*), *GH* (гормона роста), *PRL* (пролактин), *LGB* (лактоглобулин), *BoLA DRB 3*, *CSN3* (капа-казеин) и другие. Их взаимосвязь с хозяйственно-полезными признаками продуктивности животных в той или иной степени изучены, однако вопрос об их комплексном влиянии на

количественные и качественные показатели молочной продуктивности остается открытым.

Целью данной работы было исследование полиморфизма генов и оценка ассоциированного влияния комплексных генотипов генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGATI*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*), бета-лактоглобулина (*BLG*) с показателями молочной продуктивности коров красной белорусской породной группы. Оценка ассоциированного влияния комбинации генотипов исследуемых генов проводилась по трем лактациям коров.

Материалы и методы

Для исследования использовали биологический материал (ушной выщип) коров красной белорусской породной группы в количестве 104. Для оценки аллелофонда коров красной белорусской породной группы служили данные по продуктивности, полученные из УСП «Новый Двор-Агро» Свислочского района Гродненской области.

ДНК-генотипирование животных по генам диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGATI*), 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. Сэмбуку [5], 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 *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG*

Компоненты	Количество реагентов на 1 пробу
1 × Taq-буфер	1 ×
50 mM MgCl ₂	2–5 mM
Смесь дНТФ	2–4 mM
Праймер 1	10–25 пМ
Праймер 2	10–25 пМ
Taq-полимераза 2 500 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 [6]:

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 сек; 59 °C — 40 сек; 72 °C — 40 сек; достройка или финальная элонгация: 72 °C — 7 мин. Наличие ПЦР-фрагмента оценивали электрофоретическим методом в 2% агарозном геле при напряжении 120 В, 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 В, 50–60 мин, в 1 × TBE буфере. Визуализацию фрагментов проводили при УФ-свете на системе геледокументирования Gel Doc RX + (BIORAD) с использованием бромистого этидия. При расщеплении продуктов амплификации гена *DGAT1* идентифицировался генотип: *DGAT1*^{KK} — фрагмент 411 п. н. (рис. 1).

Для амплификации участка гена *GH* исполь-

зовали праймеры [7]:

GH 1: 5' CCG TGT CTA TGA GAA GC 3';

GH 2: 5' GTT CTT GAG CAG CGC GT 3'.

Условия проведения ПЦР *GH*: 94 °C — 4 мин; 35 циклов: 94 °C — 45 сек; 65 °C — 45 сек; 72 °C — 45 сек; достройка или финальная элонгация: 72 °C — 7 мин. Наличие ПЦР-фрагмента оценивали электрофоретическим методом в 2% агарозном геле при напряжении 120 В, 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 электрофорети-

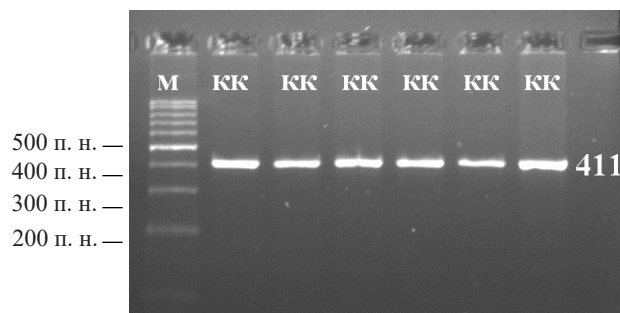


Рис. 1. Электрофореграмма рестрикционного анализа гена *DGAT1*: М — маркер молекулярного веса 200–500 п. н. (ОДО «Праймтех», Беларусь)

чески в 3% агарозном геле при напряжении 130 В, 50–60 мин, в $1 \times$ TBE буфере. Визуализацию фрагментов проводили при УФ-свете на системе геледокументирования Gel Doc RX + (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. (рис. 2).

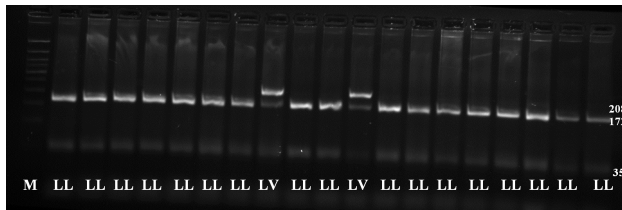


Рис. 2. Электрофореграмма рестрикционного анализа гена *GH*

Для амплификации участка гена *BLG* использовали праймеры [8]:

BLG 1: 5' TGT GCT GGA CAC CGA CTA CAA AAA G 3';

BLG 2: 5' GCT CCC GGT ATA TGA CCA CCC TCT 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 В, 50–60 мин. Длина фрагмента гена *BLG* — 247 п. н. Для рестрикции амплифицированного участка гена *BLG* применяли эндонуклеазу *BsuRI* (Hae III). Реакцию проводили при температуре 37 °C.

Продукты рестрикции генов разделяли электрофоретически в 3% агарозном геле при напряжении 130 В, 50–60 мин, в $1 \times$ TBE буфере. Визуализацию фрагментов проводили при УФ-свете на системе геледокументирования Gel Doc RX + (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. (рис. 3).

Для амплификации участка гена *PRL* использовали праймеры [9]:

PRL 1: 5' CGA GTC CTT ATG AGC TTG ATT CTT 3';

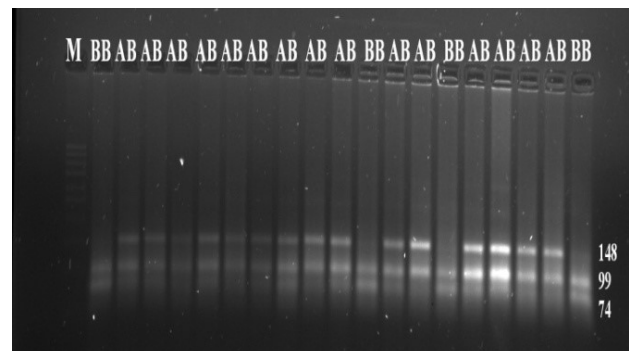


Рис. 3. Электрофореграмма рестрикционного анализа гена *BLG*

PRL 2: 5' GCC TTC CAG AAG TCG TTT GTT TTC 3'.

Условия проведения ПЦР *PRL*: 94 °C — 4 мин; 35 циклов: 94 °C — 45 сек; 65 °C — 45 сек; 72 °C — 45 сек; элонгация: 72 °C — 7 мин. Наличие ПЦР-фрагмента оценивали электрофоретическим методом в 2% агарозном геле при напряжении 120 В, 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 В, 50–60 мин, в $1 \times$ TBE буфере. Визуализацию фрагментов проводили при УФ-свете на системе геледокументирования Gel Doc RX + (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. (рис. 4).

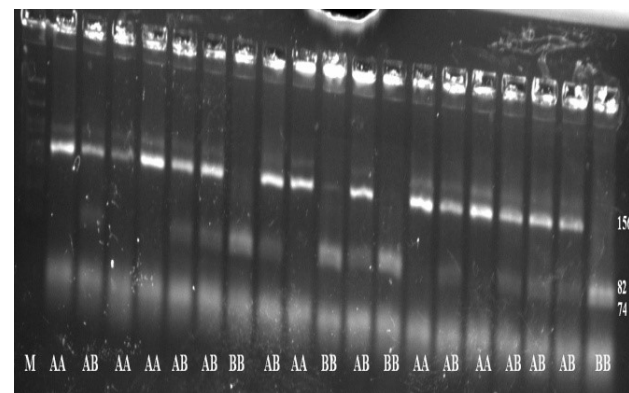


Рис. 4. Электрофореграмма рестрикционного анализа гена *PRL*

Частота встречаемости аллелей по генам диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGAT1*), пролактина (*PRL*), бета-лактоглобулина (*BLG*) и соматотропина (*GH*) рассчитана по формулам по Е. К. Меркурьевой [10]. Для оценки генетического равновесия в популяции по изучаемым генам определяли критерий хи-квадрат (χ^2) или критерий Пирсона [11].

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 удои, массовую долю жира и белка, выход молочного жира и белка за 305 дней лактации или укороченную лактацию.

Селекционно-генетические параметры основных хозяйственно-полезных признаков определяли методами биологической статистики в описании Н. А. Плохинского [12], используя при этом компьютерную программу Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Характеристика генофонда крупного рога-

того скота по полиморфизму генов, связанных с показателями молочной продуктивности животных, крайне важна для создания стад с более высокими качественными показателями молока.

В таблице 2 представлена генетическая структура коров красной белорусской породной группы по генам диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGAT1*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*).

Ген *DGAT1* локализован на 14 хромосоме генома *Bostaurus* и определен как генетический маркер, влияющий на качество молока. Белок DGAT1 используется в биосинтезе липидов и связан с жирномолочностью коров [13]. Установлено (GrisartB., 2002), что генотип *DGAT1^{KK}* является наиболее желательным, т. к. коровы, имеющие данный генотип производят более жирное молоко, чем коровы с генотипами *DGAT1^{AK}* и *DGAT1^{AA}* [14]. 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 К = 1. Полученные данные свидетельствуют о том, что стадо хорошо отселекционировано и все животные имеют желательный по показателю жирномолочности генотип — *DGAT1^{KK}*.

Установлен полиморфизм гена соматотропина (*GH*), представленный двумя аллеля-

Таблица 2

Генетическая структура коров красной белорусской породной группы генов *GH*, *DGAT1*, *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	—	—	100,00	—	—	
<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	

ми — 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%, GH^{LV} — 32%, а GH^{VV} — 2% коров.

По результатам исследований установлен полиморфизм гена пролактина (PRL), представленный двумя аллелями — PRL^A и PRL^B , при этом идентифицировано два генотипа: PRL^{AA} и PRL^{AB} . Среди опытных животных чаще встречались особи с генотипом PRL^{AA} — 74%, с генотипом PRL^{AB} — 26%. Что касается гена бета-лактоглобулина (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 и гетерозиготный — AB . Частота встречаемости особей с генотипом BLG^{AB} — 65%, с генотипом BLG^{AA} — 22%, а с генотипом BLG^{BB} — 13%. В таблице 2 представлена ожидаемая (теоретическая) частота встречаемости генотипов по гену бета-лактоглобулина (BLG). Сравнив полученные результаты, можно отметить значительные отклонения между фактической и ожидаемой частотой встречаемости генотипов. Анализ критерия хи-квадрат (χ^2) свидетельствует о том, что по гену соматотропина (GH) и пролактина (PRL) генетическое равновесие не нарушено, а частота встречаемости генотипов фактическая практически соответствует ожидаемой. Что

касается гена бета-лактоглобулина (BLG), то полученные данные свидетельствуют о нарушении генетического равновесия, что может указывать на давление искусственного отбора, т. е. на жесткую селекцию, направленную на увеличение молочной продуктивности (обильномолочности).

Анализ данных рисунка 5 свидетельствует, что из всех протестированных первотелок наибольшее количество животных имело генотип $DGATI^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AB}$ — 23,3% (17 голов). Всего было выявлено 12 комплексных генотипов из 18 возможных комбинаций. Так, 13,7% первотелок, или 10 голов, имели генотип $DGATI^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{AB}$; 12,3%, или 9 голов, имели генотип $DGATI^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AA}$; у 10,9% животных, или 8 голов, был выявлен генотип $DGATI^{KK} GH^{LL} PRL^{AB} BLG^{AB}$; по 6 голов, или по 8,2% первотелок, имели генотипы $DGATI^{KK} GH^{LL} PRL^{AB} BLG^{AA}$ и $DGATI^{KK} GH^{LV} PRL^{AB} BLG^{AB}$ соответственно; по 5 голов, или по 6,8% животных, имели генотипы $DGATI^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{AA}$ и $DGATI^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{BB}$; 3 головы, или 4,1% первотелок, имели генотип $DGATI^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{BB}$; у 2,7% голов животных был генотип $DGATI^{KK} GH^{LV} PRL^{AB} BLG^{BB}$ и генотипы $DGATI^{KK} GH^{LV} PRL^{AB} BLG^{AA}$ и $DGATI^{KK} GH^{VV} PRL^{AA} BLG^{AB}$ имели по 1 животному.

Данные, представленные на рисунке 6, свидетельствуют, что так же, как и в случае с перво-

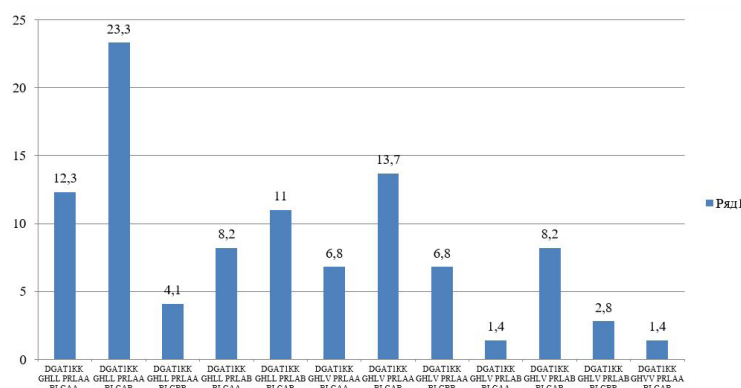


Рис. 5. Соотношение первотелок красной белорусской породной группы с выявленными комбинациями генотипов генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 ($DGATI$), соматотропина (GH), пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG)

телками, наибольшее количество из всех протестированных животных последующих лактаций имели генотип $DGATI^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AB}$ — 25,0% (12 голов). Всего же было выявлено 11 ге-

нотипов из 18 возможных комбинаций. При этом другие комплексные генотипы были распределены следующим образом: 12,5% коров, или 6 голов, имели генотип $DGATI^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{BB}$;

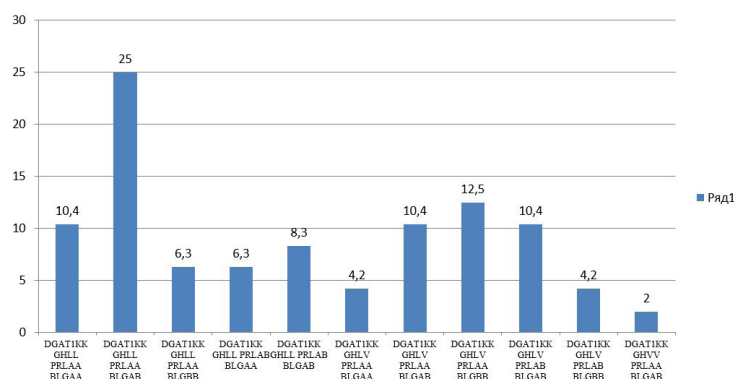


Рис. 6. Соотношение коров красной белорусской породной группы второй лактации с выявленными комбинациями генотипов генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGAT1*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*), бета-лактоглобулина (*BLG*)

5 животных (10,4%) имели генотипы *DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AA}*, *DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{AB}*, *DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AB} BLG^{AB}* соответственно; 4 головы (8,3%) имели генотип *DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AB} BLG^{AB}*; по 6,3%, или по 3 животных, имели генотипы *DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{BB}* и *DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AB} BLG^{AA}*; по 2 головы (4,2%) имели генотипы *DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{AA}* и *DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AB} BLG^{BB}*; у 1 животного был выявлен генотип *DGAT1^{KK} GH^{VV} PRL^{AA} BLG^{AB}*.

Анализ данных показал, что также как и в двух предыдущих случаях наибольшее количество из всех протестированных коров имели генотип *DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AB}* — 27,3% (9 голов). Общее количество выявленных генотипов — 10, в том числе 15,1%, или 5 голов, имели генотип *DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{AB}*; по 4 головы, или по 12,1%, имели генотипы *DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{BB}* и *DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AB} BLG^{AB}*; у 9,1%, или у 3 животных, был выявлен генотип *DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AA}*; по 2 головы, или по 6,1% животных, имели генотипы *DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{BB}*,

DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AB} BLG^{AA}, *DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AB} BLG^{AB}*; по 1 животному, или по 3,0%, имели генотипы *DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AB} BLG^{BB}* и *DGAT1^{KK} GH^{VV} PRL^{AA} BLG^{AB}* (рис. 7).

Следует отметить, что к третьей лактации почти половина протестированных животных из числа первотелок выбыла из основного стада. Причинами выбытия явились: маститы (62%), эндометриты (19%), болезни конечностей (11%), другие причины (8%).

Анализ данных, представленных в таблице 3, свидетельствует, что наиболее высокий удой был у первотелок красной белорусской породной группы с комплексным генотипом *DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AB} BLG^{AB}* — $6207,38 \pm 248,84$ кг и по этому показателю они превосходили первотелок, имеющих самый низкий удой (комплексный генотип *DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AB} BLG^{AA}* — $5367,60 \pm 237,66$ кг) на 15,6% ($P < 0,01$). Удой первотелок с другими полиморфными вариантами генотипов составил: *DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AA}* — $5759,56 \pm 229,89$ кг; *DGAT1^{KK}*

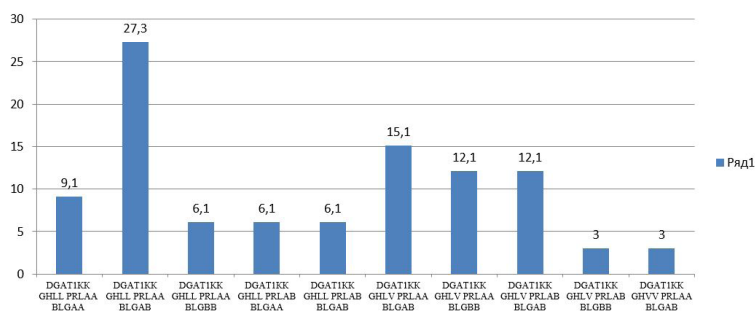


Рис. 7. Соотношение коров красной белорусской породной группы третьей лактации с выявленными комбинациями генотипов генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGAT1*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*)

$GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AB} — 5739,53 \pm 235,81$ кг; $DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{AA} — 6195,60 \pm 141,23$ кг; $DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{AB} — 5803,40 \pm 248,10$ кг; $DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{BB} — 5556,40 \pm 153,22$ кг и $DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AB} BLG^{AB} — 5613,83 \pm 230,10$ кг. По этому показателю они превосходили первотелок с комплексным генотипом $DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AB} BLG^{AA}$, имеющих наименьший удой на 7,3% ($P < 0,05$), на 6,9% ($P < 0,05$), на 15,4% ($P < 0,01$), на 8,1% ($P < 0,05$), на 3,5% и на 4,5% соответственно. По массовой доле жира в молоке наиболее высокие показатели имели первотелки с комплексным генотипом $DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AB} — 4,34 \pm 0,06\%$. По этому показателю они превосходили первотелок, имеющих такие комплексы генотипов как: $DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AA}$ на 0,11 п. п.; $DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AB} BLG^{AA}$ на 0,33 п. п. ($P < 0,01$), с комплексным генотипом $DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AB} BLG^{AB}$ на 0,30 п. п. ($P < 0,01$); $DGAT1^{KK} GH^{LV} BLG^{AA}$ на 0,14 п. п. ($P < 0,05$); $DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{AB}$ на 0,29 п. п. ($P < 0,01$); $DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{BB}$ на 0,28 п. п. ($P < 0,01$) и $DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AB} BLG^{AB}$ на 0,39 п. п. ($P < 0,01$) соответственно.

Что касается массовой доли белка в молоке, то наиболее высокий показатель также имели первотелки с комплексным генотипом $DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AB} — 3,52 \pm 0,05\%$, самые низкие — первотелки с сочетанием генотипа $DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{BB} — 3,26 \pm 0,07\%$. Первотелки с другими вариантами генотипов по массовой доле белка в молоке имели показатели в интервале от $3,33 \pm 0,07\%$ до $3,45 \pm 0,09\%$. По количеству молочного жира и белка в молоке самые высокие качественные показатели имели первотелки с комплексным генотипом $DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{AA} — 260,40 \pm 8,84$ кг и $212,20 \pm 6,73$ кг соответственно, самые низкие — первотелки с сочетанием генотипов $DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AB} BLG^{AA} — 215,80 \pm 12,64$ кг и $187,80 \pm 11,91$ кг соответственно. У первотелок с комплексом генотипа $DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AB}$ количество молочного жира и белка в молоке составило $250,00 \pm 12,36$ кг ($P < 0,01$) и $201,59 \pm 8,21$ кг ($P < 0,05$) соответственно.

При анализе показателей молочной продуктивности коров красной белорусской породной группы второй лактации с полимор-

фными вариантами генов $DGAT1$, GH , PRL и BLG было установлено, что по удою наиболее высокие показатели имели коровы с комплексным генотипом $DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AB} — 5762,00 \pm 254,37$ кг и по этому показателю они превосходили коров с такими комбинациями генотипов как: $DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AA}$ на 1,5%; $DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{AB}$ на 5,6% ($P < 0,05$); $DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{BB}$ на 1,4% и коров с комплексным генотипом $DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AB} BLG^{AB}$ на 8,0% ($P < 0,05$) соответственно.

По массовой доле жира в молоке наиболее высокий показатель имели животные с комплексным генотипом $DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AB} — 4,33 \pm 0,06\%$, которые превосходили коров с комбинацией генотипов: $DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AA} —$ на 0,05 п. п.; $DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{AB} —$ на 0,21 п. п. ($P < 0,05$); $DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{BB} — 0,24$ п. п. ($P < 0,05$) и $DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AB} BLG^{AB} — 0,22$ п. п. ($P < 0,05$) соответственно.

По массовой доле белка в молоке наиболее высокий показатель имели животные с комплексным генотипом $DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AA} — 3,53 \pm 0,10\%$, самый низкий — животные с сочетанием генотипа $DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{AB} — 3,23 \pm 0,09\%$. У коров с другими комплексными генотипами массовая доля белка находилась в пределах $3,30 \pm 0,12\%–3,47 \pm 0,07\%$.

Что касается количества молочного жира и белка в молоке, то наиболее высокие показатели также были у животных второй лактации с комплексным генотипом $DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AB} — 249,08 \pm 11,97$ кг и $199,17 \pm 8,71$ кг соответственно и по этим показателям они превосходили коров второй лактации, имеющих самые низкие показатели комплексный генотип $DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AB} BLG^{AB} — 218,20 \pm 8,29$ кг и $174,60 \pm 7,87$ кг на 14,1% ($P < 0,01$) и на 14,0% ($P < 0,01$) соответственно.

К третьей лактации из проанализированной выборки осталось 14 коров, имеющих сочетания генотипа $DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AB}$ (9 голов) и $DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{AB}$ (5 голов).

При анализе показателей молочной продуктивности коров красной белорусской породной группы по третьей лактации с комплексными генотипами генов $DGAT1$, GH , PRL , BLG бы-

Таблица 3
Ассоциация комплексных генотипов генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGAT1*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*) с показателями молочной продуктивности коров красной белорусской породной группы, ($\bar{X} \pm m$)

№ п/п	Генотип	n	Показатели				
			Удой за 305 дней лактации, кг	Массовая доля жира, %	Количество молочного жира, кг	Массовая доля белка, %	Количество молочного белка, кг
Первотелки красной белорусской породной группы							
1	DGAT1 ^{KK} GH ^{LL} PRL ^{AA} BLG ^{AA}	9	5759,56 ± 229,89*	4,23 ± 0,09*	243,22 ± 10,89	3,45 ± 0,09	197,56 ± 6,63
2	DGAT1 ^{KK} GH ^{LL} PRL ^{AA} BLG ^{AB}	17	5739,53 ± 235,81*	4,34 ± 0,06**	250,00 ± 12,36**	3,52 ± 0,05**	201,59 ± 8,21*
3	DGAT1 ^{KK} GH ^{LL} PRL ^{AB} BLG ^{AA}	6	5367,60 ± 237,66	4,01 ± 0,09	215,80 ± 12,64	3,48 ± 0,11**	187,80 ± 11,91
4	DGAT1 ^{KK} GH ^{LL} PRL ^{AB} BLG ^{AB}	8	6207,38 ± 248,84**	4,04 ± 0,12	251,63 ± 11,63**	3,40 ± 0,07	210,25 ± 6,40**
5	DGAT1 ^{KK} GH ^{LV} PRL ^{AA} BLG ^{AA}	5	6195,60 ± 141,23**	4,20 ± 0,11	260,40 ± 8,84*	3,42 ± 0,10	212,20 ± 6,73**
6	DGAT1 ^{KK} GH ^{LV} PRL ^{AA} BLG ^{AB}	10	5803,40 ± 248,10*	4,05 ± 0,12	237,60 ± 13,63	3,33 ± 0,07	194,30 ± 11,97
7	DGAT1 ^{KK} GH ^{LV} PRL ^{AA} BLG ^{BB}	5	5556,40 ± 153,22	4,06 ± 0,20	225,60 ± 13,06	3,26 ± 0,07	187,75 ± 15,25
8	DGAT1 ^{KK} GH ^{LV} PRL ^{AB} BLG ^{AB}	6	5613,83 ± 230,10	3,95 ± 0,11	219,83 ± 9,89	3,35 ± 0,09	188,00 ± 11,74
Коровы красной белорусской породной группы второй лактации							
1	DGAT1 ^{KK} GH ^{LL} PRL ^{AA} BLG ^{AA}	5	5672,60 ± 314,05	4,28 ± 0,07*	242,40 ± 12,89	3,53 ± 0,10*	199,20 ± 12,35
2	DGAT1 ^{KK} GH ^{LL} PRL ^{AA} BLG ^{AB}	12	5762,00 ± 254,37*	4,33 ± 0,06**	249,08 ± 11,97**	3,47 ± 0,07*	199,17 ± 8,71**
3	DGAT1 ^{KK} GH ^{LV} PRL ^A BLG ^{AB}	5	5452,80 ± 224,63	4,12 ± 0,12	229,40 ± 13,50	3,23 ± 0,09	179,20 ± 13,57
4	DGAT1 ^{KK} GH ^{LV} PRL ^{AA} BLG ^{BB}	6	5678,00 ± 174,46*	4,09 ± 0,12	232,50 ± 12,79*	3,34 ± 0,11	189,50 ± 11,42*
5	DGAT1 ^{KK} GH ^{LV} PRL ^{AB} BLG ^{AB}	5	5331,20 ± 247,35	4,11 ± 0,11	218,20 ± 8,29	3,30 ± 0,12	174,60 ± 7,87
Коровы красной белорусской породной группы третьей лактации							
1	DGAT1 ^{KK} GH ^{LL} PRL ^{AA} BLG ^{AB}	9	5986,33 ± 159,43*	4,17 ± 0,04**	249,11 ± 7,71*	3,40 ± 0,05*	203,00 ± 6,16*
2	DGAT1 ^{KK} GH ^{LV} PRL ^{AA} BLG ^{AB}	5	5595,40 ± 238,23	3,83 ± 0,09	214,80 ± 12,55	3,27 ± 0,07	183,60 ± 11,53

Примечание. * — $P < 0,05$; ** — $P < 0,01$

ло установлено, что по всем изучаемым показателям наиболее высокие значения имели коровы с комплексным генотипом *DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AB}*. Так, удой у них составил $5\,986,33 \pm 159,43$ кг, массовая доля жира и белка в молоке $4,17 \pm 0,04\%$ и $3,40 \pm 0,05\%$ соответственно. Количество молочного жира и белка было $249,11 \pm 7,71$ кг и $203,00 \pm 6,16$ кг соответственно. У животных с комплексным генотипом *DGAT1^{KK} GH^{LV} PRL^{AA} BLG^{AB}* удой составил $5\,595,40 \pm 238,23$ кг, массовая доля жира и белка в молоке — $3,83 \pm 0,09\%$ и $3,27 \pm 0,07\%$ соответственно, а количество молочного жира и белка в молоке — $214,80 \pm 12,55$ кг и $183,60 \pm 11,53$ кг соответственно.

Заключение

Таким образом, оценка ассоциированного влияния комплексных генотипов генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGAT1*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*) с показателями молочной продуктивности коров красной белорусской породной группы показала, что наиболее высокие показатели молочной продуктивности имели животные с комплексным генотипом *DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AB}*.

Список использованных источников

1. Погорельский, И. А. Полиморфизм генов бета-лактоглобулина, гормона роста и пролактина и влияние их генотипов на молочную продуктивность коров / И. А. Погорельский, Г. Н. Сердюк, М. В. Позовникова // Молочное и мясное скотоводство. — 2014. — № 6. — С. 9–13.
2. Хабибрахманова, Я. А. Генный полиморфизм молочных пород скота / Я. А. Хабибрахманова, Ш. Р. Мещеров, Л. А. Калашникова // Съезд генетиков и селекционеров, посвященный 200-летию со дня рождения Ч. Дарвина. V Съезд ВОГИС, Москва, 21–28 июня 2009 г. — Москва, 2009. — 110 с.
3. Полиморфизм генов гормона роста и пролактина в связи с признаками качества молока у крупного рогатого скота ярославской породы / И. В. Лазебная [и др.] // Сельскохозяйственная биология. — 2012. — № 2. — С. 39–44.
4. Калашникова, Л. А. Влияние полиморфизма генов молочных белков и гормонов на молочную продуктивность коров черно-пестрой породы / Л. А. Калашникова, Я. А. Хабибрахманова, А. Ш. Тинаев // Доклады РАСХН. — 2009. — № 3. — С. 49–52.
5. Маниатис, Т. Молекулярное клонирование / Т. Маниатис, Э. Фрич, Дж. Сэмбрук. — М.: «Мир». — 1984 — 480 с.
6. Komisarek, J. Effects of *DGAT1* variants on milk production traits in Jersey cattle / J. Komisarek, K. Waskowicz, A. Michalak, Z. Dorynek. Animal Science Papers and Reports. — Vol. 22. — 2004. — № 3. — P. 307–313.
7. Grochowska, R. Stimulated growth hormone (GH) release in Friesian cattle with respect to *GH* genotypes / R. Grochowska, L. Zwierzchowski, M. Snochowski, Z. Reklewski. Respod. Nutr. Dev. 39. 1999. — P. 171–180.
8. Ardicli, S. Comprehensive assessment of candidate genes associated with fattening performance in Holstein-Frisian bulls / S. Ardicli, H. Samli, B. Vatansever, B. Soyudal, D. Dincel, F. Balci. Archives Animal Breeding. 62,9 – 32, 2019.
9. Thy, N. T. D. 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, L. V. Ty, T. T. B. Ngyen, D. V. A. Khoa. Russian Jorنال of Genetics. — 2018. — Vol. 54, № 3. — P. 346–352.
10. Меркурьева, Е. К. Биометрия в селекции и генетике. / Е. К. Меркурьева. — М.: Колос, 1970. — 423 с.
11. Меркурьева, Е. К. Генетика с основами биометрии / Е. К. Меркурьева, Г. Н. Шангин-Березовский. — М.: Колос, 1983. — 400 с.
12. Плохинский, Н. А. Биометрия / Н. А. Плохинский. — М.: АН СССР, 1969. — 360 с.
13. Зиннатова, Ф. Ф. Роль генов липидного обмена (*DGAT1*, *TG5*) в улучшении хозяйственно-полезных признаков крупного рогатого скота / Ф. Ф. Зиннатов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. — 2014. — Т. 219. — С. 164–168.
14. Grisart B. 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.

A. N. Mikhaliuk, L. A. Tanana

ASSOCIATION BETWEEN THE COMPLEX OF POLYMORPHIC VARIANTS OF *DGAT1*, *GH*, *PRL* AND *BLG* GENES AND MILK YIELD INDICATORS OF THE COWS OF THE BELARUSIAN RED BREED GROUP

Educational Institution
"Grodno State Agrarian University"
28 Tereshkova St., 230008 Grodno, Republic of Belarus
e-mail: alex-vet@mail.ru

When assessing an associated effect of the complex of polymorphic variants of genes of diacylglycerol O-acyltransferase 1 (*DGAT1*), somatotropin (*GH*), prolactin (*PRL*), beta-lactoglobulin (*BLG*) with the dairy productivity indicators of cows of the Belarusian red breed group, it was found that the highest indicators were demonstrated by the animals with the complex genotype *DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AB}*.

Keywords: cattle, complex genotypes by genes of diacylglycerol O-acyl transferase 1 (*DGAT1*), somatotropin (*GH*), prolactin (*PRL*), beta-lactoglobulin (*BLG*), dairy productivity.

Дата поступления в редакцию: 05 сентября 2022 г.