

doi.org/10.31043/2410-2733-2023-1-74-83
УДК: 636.2.082.2:636.034(476)

А. Н. Михалюк¹, Л. А. Танана¹, Т. И. Кузьмина²

Ассоциация комплекса полиморфных вариантов генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG* с показателями молочной продуктивности коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции

Аннотация.

Цель: исследование полиморфизма генов и оценка ассоциированного влияния комплексных генотипов генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGAT1*), со-матотропина (*GH*), пролактина (*PRL*), бета-лактоглобулина (*BLG*) с показателями молочной продуктивности коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции. Оценка ассоциированного влияния комбинации генотипов исследуемых генов проводилась по трем лактациям коров.

Материалы и методы. Объектом исследований являлись крупный рогатый скот и биологический материал (ушной выщип) от коров голштинской породы молочного скота. ДНК-генотипирование животных по генам диацилглицерол О-ацил транс-феразы 1 (*DGAT1*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*) проводили с использованием метода полимеразной цепной реакции (ПЦР) и полиморфизма длин рестрикционных фрагментов (ПДРФ).

Результаты. Результаты проведенных исследований по оценке ассоциированного влияния комплексных генотипов по генам диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGAT1*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*) на показатели молочной продуктивности коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции показали, что по массовой доле жира и количеству молочного жира в молоке, в большинстве случаев, наиболее высокие показатели имели животные с комплексным генотипом *DGAT1^{KK} GH^{LL} PRL^{AA} BLG^{AB}*.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, комплексные генотипы, гены диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGAT1*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*), молочная продуктивность.

Авторы:

Михалюк Александр Николаевич – кандидат биологических наук; e-mail: alex-vet@mail.ru.

Танана Людмила Александровна – доктор сельскохозяйственных наук, про-фессор;

Кузьмина Татьяна Ивановна – доктор биологических наук, профессор, e-mail: prof.kouzmina@mail.ru.

¹ Гродненский государственный аграрный университет»; 230008, Республика Беларусь, г. Гродно, ул. Терешковой, 28;

² Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал ФГБНУ «ФНЦ животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста»; 196601, Россия, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Московское шоссе, 55а.

Введение. Эффективное проведение селекционной работы предполагает маркирование наиболее важных хозяйственно полезных признаков по нескольким генам, что способствует повышению уровня молочной продуктивности крупного рогатого скота [1,2]. Однако во многих научных работах, находящихся в открытом доступе, комплексное влияние генов на хозяйственно полез-

ные признаки крупного рогатого скота не рассматривалось, а те исследования, в которых представлены материалы по изучаемому вопросу, не позволяют делать категоричные выводы о взаимосвязи генотипов с показателями молочной продуктивности, что предполагает проведение дальнейших исследований.

Цель – исследование полиморфизма генов и оценка ассоциированного влияния комплексных генотипов генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGAT1*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*), бета-лактоглобулина (*BLG*) с показателями молочной продуктивности коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции. Оценка ассоциированного влияния комбинации генотипов исследуемых генов проводилась по трем лактациям коров.

Материалы и методы. Исследования проводились в сельскохозяйственном производственном кооперативе им. И. П. Сенько Гродненского района (Республика Беларусь). Для исследования использовали биологический материал (ушной выщип) от коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции (105 проб). Для оценки аллелофонда коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции служили данные продуктивности исследуемых животных по трем лактациям, полученные из СПК им. И.П. Сенько Гродненского района.

ДНК-генотипирование животных по генам диацилглицерол О-ацил трансферазы 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. Сэмбуку [3], 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-ацил трансферазы 1 (*DGAT1*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*).

Для амплификации участка гена *DGAT1* использовали праймеры [4]:

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 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 1xTBE 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* использовали праймеры [5]:

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 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 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 рестрик-

Таблица 1. Состав реакционной смеси для проведения амплификации исследуемых локусов генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 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	Доведение до 25 мкл

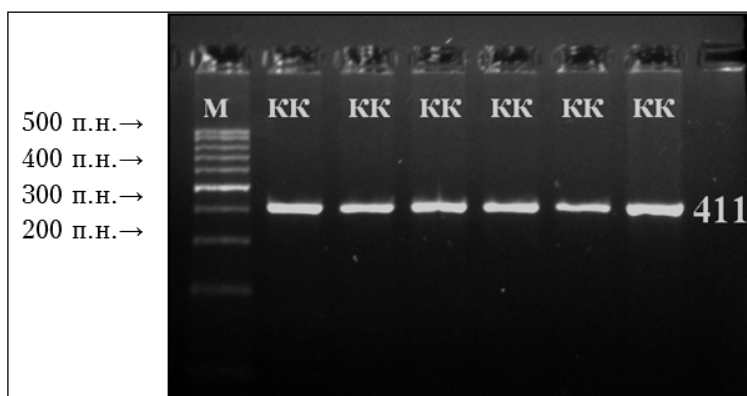


Рис. 1. Электрофореграмма рестрикционного анализа гена *DGAT1*

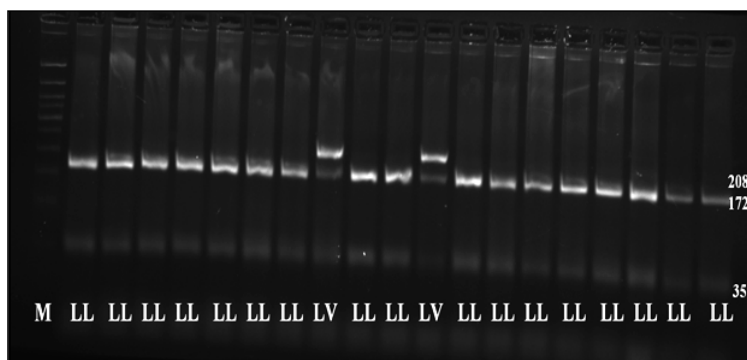


Рис. 2. Электрофореграмма рестрикционного анализа гена *GH*

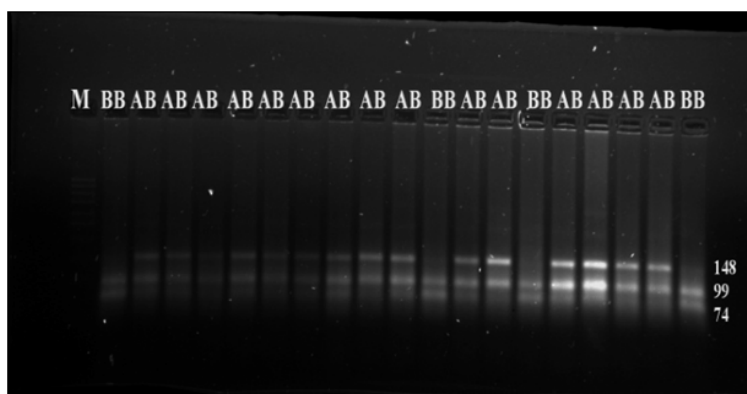


Рис. 3. Электрофореграмма рестрикционного анализа гена *BLG*

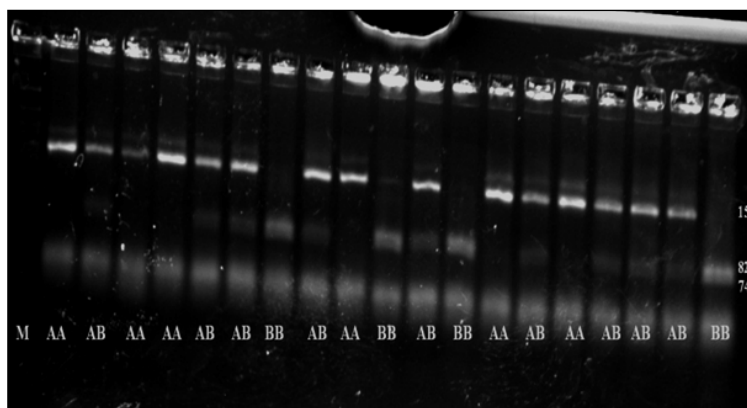


Рис. 4. Электрофореграмма рестрикционного анализа гена *PRL*

ции генов разделяли электрофоретически в 3% агарозном геле при напряжении 130 В, 50-60 мин, в 1хTBE буфере. Визуализацию фрагментов проводили при УФ-свете на системе гельдокументирования 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).

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

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* (Haе III). Реакцию проводили при температуре 37°C.

Продукты рестрикции генов разделяли электрофоретически в 3% агарозном геле при напряжении 130 В, 50-60 мин, в 1хTBE буфере. Визуализацию фрагментов проводили при УФ-свете на системе гельдокументирования 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 [7]:

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

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 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

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 1xTBE 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).

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 [8]. Для оценки генетического равновесия в популяции по изучаемым генам определяли критерий хи-квадрат (χ^2) или критерий Пирсона [9].

Для изучения молочной продуктивности подопытные животные голштинской породы молочного скота отечественной селекции 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.

Селекционно-генетические параметры основных хозяйственно полезных признаков определяли методами биологической статистики в описании Н. А. Плохинского [10], используя компьютерную программу Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. Характеристика генофонда крупного рогатого скота по полиморфизму генов, связанных с показателями молочной продуктивности животных, крайне важна для создания стад с более высокими качественными показателями молока. В таблице 2 приведена генетическая структура коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции по генам диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGAT1*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*), бета-лактоглобулина (*BLG*).

В результате проведенных исследований по гену диацилглицерол-О-ацилтрансферазы 1 (*DGAT1*) установлено, что у коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции 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 «отсеlectionировано» и все животные имеют желательный по показателю жирномолочности генотип – *DGAT1^{KK}*. Вместе с тем установлен полиморфизм гена соматотропина (*GH*), представленный двумя аллелями – *GH^L* и *GH^V*, при этом идентифицировано три генотипа *GH^{LL}*, *GH^{LV}* и *GH^{VV}*. Среди исследуемых животных чаще встречались особи с генотипом *GH^{LL}* – 72 %, с генотипом *GH^{LV}* – 23 %, а с генотипом *GH^{VV}* – 5 % коров.

По результатам исследований установлен полиморфизм гена пролактина (*PRL*), представ-

Таблица 2. Генетическая структура изучаемой популяции коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG* (n=105) (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*)

Ген	Частота встречаемости								Критерий χ^2
	Фактическая					Ожидаемая			
	Аллелей		Генотипов, %			Генотипов, %			
<i>DGAT1</i>	A	K	KK	AK	AA	KK	AK	AA	—
	—	1	100	—	—	100	—	—	
<i>GH</i>	L	V	LL	LV	VV	LL	LV	VV	4,0031
	0,829	0,171	72	23	5	69	28	3	
<i>PRL</i>	A	B	AA	AB	BB	AA	AB	BB	1,6311
	0,752	0,248	54	43	3	57	37	6	
<i>BLG</i>	A	B	AA	AB	BB	AA	AB	BB	19,332
	0,51	0,49	15	72	13	50	26	24	

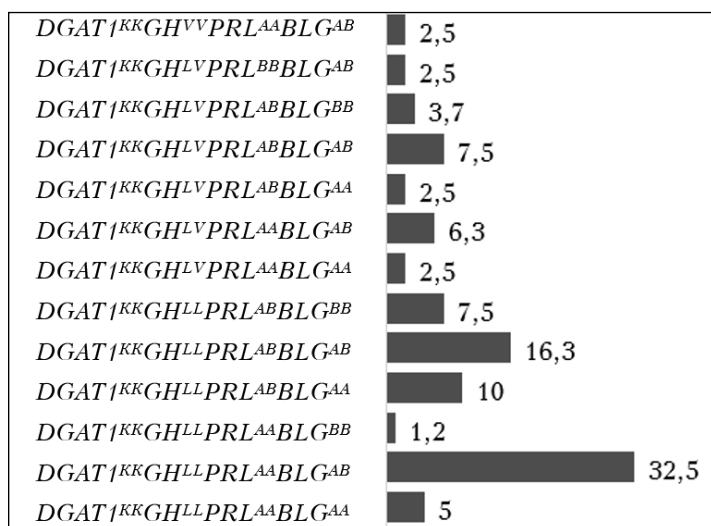


Рис. 5. Соотношение первотелок голштинской породы молочного скота отечественной селекции с выявленными комбинациями генотипов генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG*

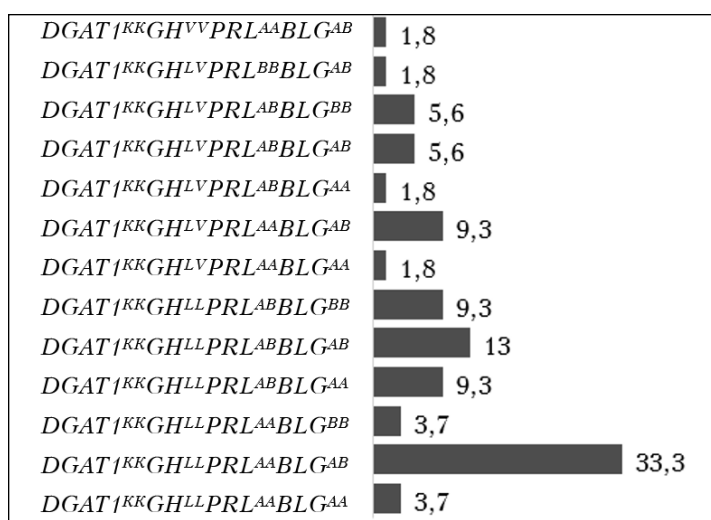


Рис. 6. Соотношение коров второй лактации голштинской породы молочного скота отечественной селекции с выявленными комбинациями генотипов генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG*

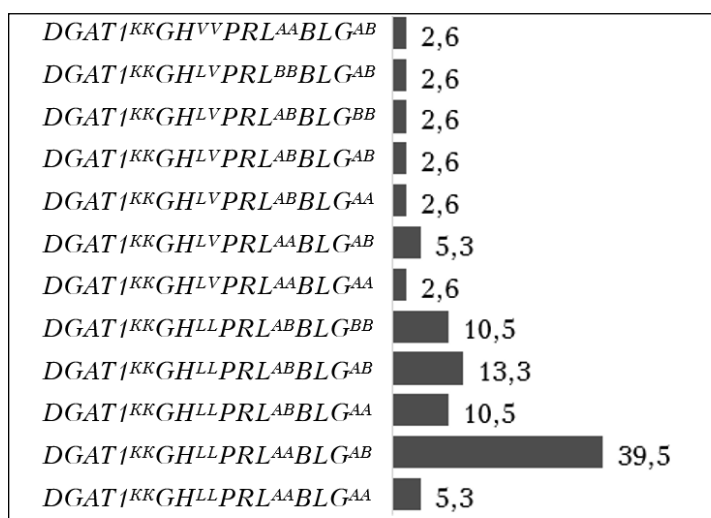


Рис. 7. Соотношение коров третьей лактации голштинской породы молочного скота отечественной селекции с выявленными комбинациями генотипов генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG*

ленный двумя аллелями — PRL^A и PRL^B , при этом идентифицировано три генотипа PRL^{AA} , PRL^{AB} и PRL^{BB} . Среди опытных животных чаще встречались особи с генотипом PRL^{AA} — 54%, с генотипом PRL^{AB} — 43 % и с генотипом PRL^{BB} — 3 % животных. Анализ ожидаемой частоты встречаемости генотипов по генам соматотропина (*GH*) и пролактина (*PRL*) показал, что она незначительно отличалась от фактической, это подтверждается статистически (χ^2 -test) и может свидетельствовать о генетическом равновесии исследуемой группы коров по этим генам.

В отношении гена бета-лактоглобулина (*BLG*) также установлен 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} — 72 %, с генотипами BLG^{AA} и BLG^{BB} составила — 15 % и 13 %, соответственно.

При оценке ожидаемой частоты встречаемости генотипов по гену бета-лактоглобулина (*BLG*) было установлено, что она значительно отличается от фактической и может указывать на давление искусственного отбора, т.е. на жесткую селекцию, направленную на увеличение молочной продуктивности (обильномолочности). Подобное давление на ген может трактоваться как усиленная селекционная работа в направлении повышения молочной продуктивности животных, в частности, удоя.

Анализ данных, представленных на рисунке 5 выявил 13 комплексных генотипов из 27 возможных комбинаций. Из всех протестированных первотелок наибольшее количество животных имело комплексный генотип $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ — 32,5% (26 голов).

При этом другие комплексные генотипы были распределены следующим образом: 16,3 % первотелок или 13 голов имели комплексный генотип $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$, 8 голов или 10,0 % животных имели комплексный генотип $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$, по 6 голов или по 7,5 % животных имели комплексные генотипы $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$ и $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AB}$, соответственно, 5 животных или 6,3 % имели комплексный генотип

$DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AABLG^{AB}}$, 4 первотелки или 5,0 % животных имели комплексный генотип $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AABLG^{AA}}$, 3 головы или по 3,7 % первотелок имели комплексный генотип $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{ABBLG^{BB}}$, комплексные генотипы $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AABLG^{AA}}$, $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{ABBLG^{AA}}$, $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{BBBLG^{AB}}$, $DGAT1^{KK}GH^{VV}PRL^{AABLG^{AB}}$ имели по 2 первотелки и еще 1 животное имело комплексный генотип $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AABLG^{BB}}$.

Соотношение коров второй лактации голштинской породы молочного скота отечественной селекции с выявленными комбинациями генотипов генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 ($DGAT1$), соматотропина (GH), пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG) представлено на рисунке 6.

В результате анализа данных, представленных на рисунке 6, выявлено 13 генотипов из 27 возможных комбинаций. Так же как и в случае с первотелками наибольшее количество из всех протестированных животных имели комплексный генотип $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AABLG^{AB}}$ — 33,3 % (18 голов). При этом животные, имеющие иные комплексные генотипы, распределялись следующим образом: 7 голов или 13,0 % животных имели комплексный генотип $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{ABBLG^{AB}}$, по 5 голов или по 9,3 % коров имели комплексные генотипы $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{ABBLG^{AA}}$, $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{ABBLG^{BB}}$ и $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AABLG^{AB}}$, соответственно, еще по 3 головы или по 5,6 % животных имели комплексные генотипы $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{ABBLG^{AB}}$ и $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{ABBLG^{BB}}$, по 2 коровы или 3,7 % животных имели комплексные генотипы $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AABLG^{AA}}$ и $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AABLG^{BB}}$, комплексные генотипы $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AABLG^{AA}}$, $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{ABBLG^{AA}}$, $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{ABBLG^{BB}}$ и $DGAT1^{KK}GH^{VV}PRL^{AABLG^{AB}}$ имели по 1 животному, соответственно.

Соотношение коров третьей лактации голштинской породы молочного скота отечественной селекции с выявленными комбинациями генотипов генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 ($DGAT1$), соматотропина (GH), пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG) представлено на рисунке 7.

Из анализа данных, представленных на рисунке 7, видно, что всего было выявлено 12 генотипов из 27 возможных комбинаций. Так же как и в случае с первотелками и коровами второй лактации наибольшее количество из всех протестированных животных имели комплексный ге-

нотип $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AABLG^{AB}}$ — 39,5 % (15 голов). Что касается животных с другими комплексными генотипами, то они распределились следующим образом: 5 голов или 13,3 % животных имели комплексный генотип $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{ABBLG^{AB}}$, 4 головы или по 10,5 % коров имели комплексные генотипы $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{ABBLG^{AA}}$, $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{ABBLG^{BB}}$, соответственно, 2 головы или по 5,3 % животных имели комплексные генотипы $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AABLG^{AA}}$ и $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AABLG^{AB}}$, соответственно, комплексные генотипы $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AABLG^{AA}}$, $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{ABBLG^{AA}}$, $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{ABBLG^{AB}}$, $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{ABBLG^{BB}}$, $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{BBBLG^{AB}}$ и $DGAT1^{KK}GH^{VV}PRL^{AABLG^{AB}}$, соответственно, имели еще по одному животному.

Следует отметить, что к третьей лактации часть протестированных животных голштинской породы молочного скота отечественной селекции выбыло из основного стада. Основными причинами выбытия были маститы (63 %), эндометриты (14 %), болезни конечностей (17 %), внутренние незаразные заболевания (кетозы) (6 %).

Для оценки ассоциированного влияния комплексных генотипов по генам диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 ($DGAT1$), соматотропина (GH), пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG) с показателями молочной продуктивности коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции минимальная выборка составила 5 голов.

Показатели молочной продуктивности коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции комплексных генотипов генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 ($DGAT1$), соматотропина (GH), пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG) приведены в таблице 3. Установлено, что наиболее высокий удой был у первотелок голштинской породы молочного скота отечественной селекции с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{ABBLG^{AB}}$ — 8719,33 ± 301,31 кг. По этому показателю они превосходили своих сверстниц, имеющих самый низкий удой — 7595,85 ± 232,95 кг (комплексный генотип $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AABLG^{AB}}$) на 14,7 % ($P < 0,01$). Удой первотелок с другими комплексными генотипами составил: $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{ABBLG^{AA}}$ — 8578,50 ± 370,72 кг, $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{ABBLG^{AB}}$ — 8236,08 ± 257,68 кг, $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{ABBLG^{BB}}$ — 7683,00 ± 327,44 кг, $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AABLG^{AB}}$ — 8110,00 ± 316,68 кг, соответственно. По этому показателю они превосходили

первотелок с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$, имеющих наименьший удой, соответственно на 12,9 % ($P<0,01$), на 8,4 % ($P<0,05$), на 1,1 % и на 6,7 % ($P<0,05$). Вместе с тем по массовой доле жира в молоке наиболее высокие качественные показатели имели первотелки с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$ — $3,81 \pm 0,06$ %, и по этому показателю они превосходили своих сверстниц с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$, имеющих наиболее низкую жирномолочность — $3,71 \pm 0,07$ % на 0,10 п.п. ($P<0,05$). У первотелок с комплексными генотипами $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ и $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ массовая доля жира в молоке составила $3,79 \pm$

0,06 %, с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ — $3,78 \pm 0,08$ % и с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{BB}$ — $3,75 \pm 0,09$ %, что на 0,08 п.п., 0,07 п.п., на 0,04 п.п. выше, чем у первотелок с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$, соответственно. Что касается массовой доли белка в молоке, то наиболее высокие показатели имели первотелки с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ — $3,29 \pm 0,03$ %, самые низкие — первотелки с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$ — $3,21 \pm 0,04$ %. У первотелок остальных изучаемых генотипов массовая доля белка в молоке находилась в интервале $3,22 \pm 0,06$ % ... $3,27 \pm 0,05$ % ($P<0,05$).

Таблица 3. Ассоциация комплексных генотипов по генам диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 ($DGAT1$), соматотропина (GH), пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG) с показателями молочной продуктивности коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции, ($M \pm m$)

№	Генотип	n	Показатели				
			Удой за 305 дней лактации, кг	Массовая доля жира, %	Количество молочного жира, кг	Массо-вая доля белка, %	Количество молочного белка, кг
Первотелки голштинской породы молочного скота отечественной селекции							
1	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$	26	7595,85 ±232,95	3,79 ±0,05	287,81 ±9,59	3,25 ±0,02	246,65 ±7,24
2	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$	8	8578,50 ±370,72**	3,71 ±0,07	318,88 ±13,24*	3,27 ±0,05	279,38 ±14,44*
3	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$	13	8236,08 ±257,68*	3,79 ±0,07	312,85 ±13,57*	3,29 ±0,03	271,00 ±9,44*
4	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$	6	7683,00 ±327,44	3,81 ±0,06	293,17 ±13,74	3,21 ±0,04	246,50 ±12,28
5	$DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$	5	8110,00 ±316,68*	3,78 ±0,08	307,20 ±18,29	3,25 ±0,03	263,00 ±8,53
6	$DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AB}$	6	8719,33 ±301,31**	3,75 ±0,09	327,33 ±12,52**	3,22 ±0,06	279,17 ±12,02*
Коровы голштинской породы молочного скота отечественной селекции второй лактации							
1	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$	18	8867,17 ±233,47*	3,85 ±0,07**	345,56 ±12,03**	3,23 ±0,06	285,94 ±10,81*
2	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$	5	8162,20 ±165,33	3,52 ±0,1	287,20 ±10,93	3,26 ±0,04	266,20 ±11,04
3	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$	7	8486,43 ±324,34	3,89 ±0,09**	331,29 ±12,43**	3,21 ±0,05	272,14 ±13,4
4	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$	5	9533,20 ±306,33**	3,77 ±0,10*	360,80 ±13,30**	3,27 ±0,05	312,80 ±12,67**
5	$DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$	5	8580,80 ±287,13	3,86 ±0,10**	329,40 ±14,16**	3,26 ±0,08	277,40 ±13,14
Коровы голштинской породы молочного скота отечественной селекции третьей лактации							
1	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$	15	8654,27± 264,80	3,84± 0,04*	332,07± 9,43	3,25± 0,03	280,87± 8,02
2	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$	5	9054,60 ±308,23	3,68 ±0,05	332,80 ±13,76	3,2 4±0,05	293,40 ±14,08

По количеству молочного жира в молоке самые высокие показатели имели первотелки с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AB}$ — $327,33 \pm 12,22$ кг, что на 13,7 % ($P < 0,01$) выше, чем у первотелок с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$, имеющих наименьший показатель — $287,81 \pm 9,59$ кг. У первотелок с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$ количество молочного жира в молоке составило $318,88 \pm 13,24$ кг, у первотелок с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ — $312,85 \pm 13,57$ кг, у первотелок с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$ — $293,17 \pm 13,74$ кг, у первотелок с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ — $307,20 \pm 18,29$ кг, что, соответственно, на 10,7 % ($P < 0,05$), на 8,7 % ($P < 0,05$), на 1,8 % и на 6,7 % ($P < 0,05$) выше, чем у первотелок с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$. По количеству молочного белка в молоке лучшие результаты имели первотелки с комплексными генотипами $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$ — $279,38 \pm 14,44$ кг и $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AB}$ — $279,17 \pm 12,02$ кг, что, соответственно, на 13,3 % ($P < 0,05$) и на 13,2 % ($P < 0,05$) выше, чем у первотелок комплексного генотипа $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$, имеющих показатель $246,50 \pm 12,28$ кг. У первотелок других изучаемых комплексных генотипов количество молочного белка в молоке находилось в интервале $246,65 \pm 7,24$ кг ... $271,00 \pm 9,44$ кг, что выше, чем у первотелок с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$ на 0,5 % ... 9,9 % ($P < 0,05$), соответственно.

При анализе показателей молочной продуктивности коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции второй лактации с комплексными генотипами по генам диацилглицерол ацил трансферазы 1 ($DGAT1$), соматотропина (GH), пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG) было установлено, что наиболее высокий удой был у коров с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$ — $9533,20 \pm 306,33$ кг, что на 16,7 % ($P < 0,01$) выше, чем у коров с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$, имеющих наименьший удой — $8162,20 \pm 165,33$ кг. Коровы второй лактации комплексного генотипа $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ имели удой $8867,17 \pm 233,47$ кг, комплексного генотипа $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ — $8486,43 \pm 324,34$ кг и комплексного генотипа $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ — $8580,80 \pm 287,13$ кг, что, соответственно, на 8,6 % ($P < 0,05$), на 3,9 % и на 5,1 % ($P < 0,05$) выше, чем у коров с комплексным генотипом

$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$. По массовой доле жира в молоке наиболее высокий показатель имели животные с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ — $3,89 \pm 0,09$ %, что на 0,37 п.п. ($P < 0,01$) выше, чем у коров с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$, имеющих наименьшую жирномолочность — $3,52 \pm 0,10$ %. У коров с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ массовая доля жира в молоке составила $3,85 \pm 0,07$ %, с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$ — $3,77 \pm 0,10$ % и с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ — $3,86 \pm 0,10$ %, что, соответственно, на 0,33 п.п. ($P < 0,01$), на 0,25 п.п. ($P < 0,05$), и на 0,34 п.п. ($P < 0,01$) выше, чем у коров с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$. Что касается массовой доли белка в молоке, то наиболее высокий показатель имели коровы с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$ — $3,27 \pm 0,05$ %, наиболее низкий — коровы с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ — $3,21 \pm 0,05$ %. У животных других комплексных генотипов массовая доля белка в молоке варьировала в пределах $3,23 \pm 0,06$ % ... $3,26 \pm 0,06$ % ($P < 0,05$). В отношении количества молочного жира и белка в молоке более высокие результаты показали животные, имеющие комплексный генотип $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$ — $360,80 \pm 13,30$ кг и $312,80 \pm 12,67$ кг, соответственно, что обусловлено, в первую очередь, более высоким удоём.

По этим показателям они превосходили животных с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$, имеющих наиболее низкие значения — $287,20 \pm 10,93$ кг и $266,20 \pm 11,04$ кг на 25,6 % ($P < 0,01$) и на 17,5 % ($P < 0,01$), соответственно. Что касается животных других комплексных генотипов, то количество молочного жира и белка в молоке у них составило: у коров с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ — $345,56 \pm 12,03$ кг и $285,94 \pm 10,81$ кг, с комплексным генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ — $331,29 \pm 12,43$ кг и $272,14 \pm 13,40$ кг и с генотипом $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ — $329,40 \pm 14,16$ кг и $277,40 \pm 13,14$ кг, соответственно.

К третьей лактации остались выборки животных, имеющие 5 и более голов двух комплексных генотипов — $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ (15 голов) и $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ (5 голов), другие выявленные комплексные генотипы были представлены меньшим количеством животных.

При анализе взаимосвязи комплексных генотипов по генам диацилглицерол О-ацил трансфе-

разы 1 (*DGAT1*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*), бета-лактоглобулина (*BLG*) с показателями молочной продуктивности коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции третьей лактации было установлено, что по удою наиболее высокий показатель имели коровы с комплексным генотипом *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}* — 9054,60±308,23 кг, у животных с комплексным генотипом *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}* он составил 8654,27±264,80 кг. Вместе с тем по массовой доле жира и белка в молоке наиболее высокие показатели имели коровы третьей лактации с комплексным генотипом *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}* — 3,84±0,04 % и 3,25±0,03 %, соответственно. По этим показателям они превосходили своих сверстниц с комплексным генотипом *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}* на 0,16 п.п. ($P<0,05$) и на 0,01 п.п., соответственно.

По количеству молочного жира в молоке животные обоих комплексных генотипов имели практически одинаковые показатели 332,07±9,43

кг (генотип *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}*) и 332,80±13,76 кг (генотип *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}*). Количество молочного белка в молоке оказалось выше на 4,4 % у коров с комплексным генотипом *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}* в сравнении с животными комплексного генотипа *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}*.

Заключение. Таким образом, при оценке ассоциированного влияния комплексных генотипов по генам диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGAT1*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*) с показателями молочной продуктивности коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции установлено, что по массовой доле жира и количеству молочного жира в молоке, в большинстве случаев, наиболее высокие показатели имели животные с комплексным генотипом *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}*. Полученные данные могут быть использованы при моделировании состава стада с высокими качественными показателями молока

Литература

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. Позвникова // 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. — С. 110.
3. Маниатис Т. Молекулярное клонирование / Т. Маниатис, Э. Фрич, Дж. Сэмбрук. — М.: «Мир», 1984. — 480 с.
4. 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. — 2004. — Vol. 22. — № 3. — P. 307-313.
5. Grochowska R. Stimulated growth hormone (*GH*) release in Friesian cattle with respect to GH genotypes / R. Grochowska, L. Zwierzchowski, M. Snochowski, Z. Reklewski // Respod. — 1999. — №39. — P. 171-180.
6. 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. — 2019. — №62 (9). — P. 32.
7. 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 Journal of Genetics. — 2018. — Vol. 54. — № 3. — P. 346-352.
8. Меркурьева Е. К. Биометрия в селекции и генетике / Е. К. Меркурьева. — М.: Колос, 1970. — 423 с.
9. Меркурьева Е. К. Генетика с основами биометрии / Е. К. Меркурьева, Г. Н. Шангин-Березовский. — М.: Колос, 1983. — 400 с.
10. Плохинский Н. А. Биометрия / Н. А. Плохинский. — М.: АН СССР, 1969. — 360 с.

Mikhaliuk A., Tanana L., Kuzmina T.

Association of the complex of polymorphic variants of the *DGAT1*, *GH*, *PRL* and *BLG* genes with dairy productivity indicators of holstein dairy cattle cows of domestic selection

Abstract.

The paper presents the results of studying the associated effect of complex genotypes for the genes diacylglycerol O-acyl transferase 1 (*DGAT1*), somatotropin (*GH*), prolactin (*PRL*) and beta-lactoglobulin (*BLG*) on the milk productivity of Holstein dairy cattle of domestic selection. The object of research was cattle and biological material (ear pluck) from cows of Holstein dairy cattle of domestic selection, contained in the agricultural production cooperative named after I.P. Senko, Grodno region. DNA genotyping of animals for the genes of diacylglycerol O-acyl transferase 1 (*DGAT1*), somatotropin (*GH*), prolactin (*PRL*), and beta-lactoglobulin (*BLG*) was performed using the polymerase chain reaction (PCR) method and restriction fragment length polymorphism (RFLP). The results of studies on the assessment of the associated effect of complex genotypes for the genes diacylglycerol O-acyl transferase 1 (*DGAT1*), somatotropin (*GH*), prolactin (*PRL*) and beta-lactoglobulin (*BLG*) on the milk productivity of Holstein cows of dairy cattle domestic selection showed that in terms of the mass fraction of fat and the amount of milk fat in milk, in most cases, the highest rates were in animals with the complex genotype *DGAT1*^{KK}*GH*^{LL}*PRL*^{AA}*BLG*^{AB}.

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

Authors:

Mikhaliuk A. – PhD (Biol. Sci.); e-mail: alex-vet@mail.ru;

Tanana L. – Dr. Habil. (Agr. Sci.); professor;

Kuzmina T. – Dr. Habil. (Biol. Sci.); professor.

¹ Grodno State Agrarian University; 230008, Republic of Belarus, Grodno, Tereshkova Street, 28;

² Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry; 196625, St. Petersburg, pos. Terolevo, Moskovskoye Shosse, d. 55a.

References

1. Pogorelsky I. A. Polymorphism of the genes Beta-lactoglobulin, growth hormone and prolactin and the influence of their genotypes on the milk productivity of cows / I. A. Pogorelsky, G. N. Serdyuk, M.V. Pozovnikov // Military and meat cattle breeding. — 2014. — № 6. — P. 9-13.
2. Khabibrakhmanova Y. A. Genetic polymorphism of cattle dairy rocks / Ya. A. Khabibrakhmanova, Sh. R. Meshcherov, L. A. Kalashnikova // Congress of geneticists and breeders dedicated to the 200th anniversary of the birth of C. Darwin. V Congress Vogis, Moscow, June 21-28. — 2009. — P. 110.
3. Maniatis T. Molecular cloning / T. Maniatis, E. Fritch, J. Sambrook. — M.: "Mir", 1984. — 480 p.
4. Komisarek J. Effects of *DGAT1* variants on milk production traits in Jersey cattle / J. Komisarek, K. Waskowicz et. al // Animal Science Papers and Reports. — 2004. — Vol. 22. — № 3. — P. 307-313.
5. Grochowska R. Stimulated growth hormone (*GH*) release in Friesian cattle with respect to *GH* genotypes / R. Grochowska, L. Zwierzchowski, M. Snochowski, Z. Reklewski // Respod. — 1999. — №39. — P. 171-180.
6. Ardicli S. Comprehensive assessment of candidate genes associated with fattening performance in Holstein-Friesian bulls / S. Ardicli, H. Samli et. al // Archives Animal Breeding. — 2019. — №62 (9). — P. 32.
7. Thya N. T. D. Polymorphism of *PIT-1* and Prolactin Genes and Their Effects on Milk Yield in Holstein Friesian Dairy Cows Bred in Vietnam / N. T. D. Thya, N. T. Thu, N. H. Cuong, L.V. Ty, T. T. B. Ngyen, D. V. A. Khoa // Russian Journal of Genetics. — 2018. — Vol. 54. — № 3. — P. 346-352.
8. Merkuryeva E. K. Biometry in selection and genetics / E. K. Merkuryev. — M.: Kolos, 1970. — 423 p.
9. Merkuryeva E. K. Genetics with the basics of biometrics / E. K. Merkuryeva, G. N. Shangin-Berezovsky. — M.: Kolos, 1983. — 400 p.
10. Pagokhinsky N. A. Biometry / N. A. Pagokhinsky. — M.: USSR Academy of Sciences, 1969. — 360 p.