

References.

1. Agafonov, E. V. *Primenenie mineral'nyh udobrenij i biopreparatov pod podsolnechnik na chernozeme obyknovennom* / E. V. Agafonov, A. V. Vashchenko // *Innovacii v tekhnologiyah vozdeleyvaniya sel'skohozyaj-stvennyh kul'tur : materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. – 2015. – S. 3–7.
2. Gribnye bolezni podsolnechnika / S. G. Borodin, V. T. Piven', I. A. Kotlyarova, I. I. SHulyak // *Zashchita i karantin rastenij*. – 2006. – № 5. – S. 20–23.
3. Garshin, M. V. *Ocenka effektivnosti fungicidov pri himicheskoy zashchite podsolnechnika* / M. V. Garshin // *Sinerhiya nauk*. – 2017. – № 14. – S. 906–910.
4. Grin'ko, A. V. *Effektivnyj gerbicid dlya zashchity podsolnechnika* / A. V. Grin'ko // *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya*. – 2017. – №1 (65). – S. 159–164.
5. Patent RU 2 122 330 S1. *Sposob ispol'zovaniya zakvaski v kormosmesi. Zakvaska Lesnova dlya pri-gotovleniya kormov* : opubl. 27.11.1998. / Lesnov A. P. ; Rossijskoe Agentstvo po patentam i tovarnym zna-kam.
6. Lesnov, A. P. *Malocennoe rastitel'noe syr'e v biotekhnologiyah kormoproizvodstva* / A. P. Lesnov, S. V. Le-ont'ev, A. N. Kovalev // *APK YUG*. – 2011. – № 5. – S. 40–43.
7. Lishaeva, L. N. *ZHmyhi i shroty maslichnyh kul'tur. Ob'emy. Ispol'zovanie v kormovyh celyah* / L. N. Lishaeva // *Trudy Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotn. – Sankt-Peterburg, 2000. – S.160–166.*
8. *Perspektivy ispol'zovaniya tekhnologicheskikh othodov promyshlennogo proizvodstva gribov ve-shenki posle fermentirovaniya zakvaskoj Lesnova v kachestve korma dlya krupnogo rogatogo skota* / O. A. Mironova, A. P. Lesnov, L. P. Mironova [i dr.] // *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2023. – № 1 (47). – S. 117–124.
9. Omarov, M. O. *Racion balansiruem po proteinu* / M. O. Omarov, E. N. Golovko // *ZHivotnovodstvo Rossii*. – 2006. – № 2. – S. 57–58.
10. Fisinin, V. I. *Mikotoksiny i antioksidanty: neprimirimaya bor'ba. T-2 toksin- metabolism i toksichnost'* / V. I. Fisinin, P. Suraj // *Veterinarnaya medicina*. – 2012. – № 3. – S. 38–41.
11. Fisinin, V. I. *Mikotoksiny i antioksidanty: neprimirimaya bor'ba. Ohratoksin A* / V. I. Fisinin, P. Suraj // *Kombikorma*. – 2012. – № 3. – S. 55–56.

Поступила в редакцию 27.12.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2025-61-2-58-67
УДК 636.2.082.2:636.034(476)

ВЗАИМОСВЯЗЬ КОМПЛЕКСНЫХ ГЕНОТИПОВ ГЕНОВ *DGAT1*, *GH*, *PRL* И *BLG* С ПОКАЗАТЕЛЯМИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ МОЛОЧНОГО СКОТА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ

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

Совершенствование селекционного процесса с использованием молекулярно-генетических методов позволяет 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. Исследования проводились на базе молочно-товарного комплекса «Обухово» СПК им.И.П. Сенько Гродненского района Гродненской области (Республика Беларусь). При оценке ассоциированного влияния комплексов генотипов генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *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 комплексом генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}*. Установлено, что у животных всех комплексов генотипов генов по трем лактациям были выявлены средние и высокие величины положительных корреляционных связей между удоем и количеством молочного жира в молоке, удоем и количеством молочного белка в молоке, а также между количеством молочного жира и количеством молочного белка в молоке ($r=0,80...0,99$). **Ключевые слова:** крупный рогатый скот, гены диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (*DGAT1*), соматотропина (*GH*), пролактин (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*), молочная продуктивность.

RELATIONSHIP OF COMPLEX GENOTYPES OF *DGAT1*, *GH*, *PRL* AND *BLG* GENES WITH MILK PERFORMANCE INDICATORS FOR HOLSTEIN DAIRY COWS OF DOMESTIC SELECTION

Mikhaljuk A.N., Tanana L.A.
Grodno State Agrarian University, Grodno, Republic of Belarus

The improvement in the selection process using molecular genetic methods allows more effectively assess the genetic potential of breeds, populations and individual animals, adjusting the focus of selection work, influencing the traits that characterize the technological value of milk (fat content, protein content, etc.). As a result, it allows reducing the time spent on breeding animals with high milk productivity. The studies were conducted at the Obukhovo dairy complex of the I.P. Senko agricultural production cooperative in the Grodno district of the Grodno region (Republic of Belarus). When assessing the associated influence of the *DGAT1*, *GH*, *PRL* and *BLG* gene genotype complexes and

the milk productivity indices of domestically bred Holstein dairy cows, it was established that in terms of the mass fraction of fat and the amount of milk fat in milk, in most cases, the animals with the $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ gene genotype complex had the highest indices. It was established that in animals of all gene genotype complexes over three lactations, medium and high values of positive correlations were identified between milk yield and the amount of milk fat in milk; milk yield and the amount of milk protein in milk, as well as between the amount of milk fat and the amount of milk protein in milk ($r=0.80...0.99$). **Keywords:** cattle, genes of diacylglycerol O-acyl transferase 1 ($DGAT1$), somatotropin (GH), prolactin (PRL) and beta-lactoglobulin (BLG), milk performance.

Введение. В современных условиях развития животноводства, и скотоводства в частности, основной задачей селекционеров является выявление и использование биологических закономерностей и возможностей организма животного с целью получения максимального количества продукции, а совершенствование пород крупного рогатого скота осуществляется с использованием генотипирования животных с применением ДНК-технологий. Одним из подходов повышения эффективности селекционной работы является применение ДНК-маркеров, что в итоге даст возможность значительно повысить генетический потенциал животных, осуществить направленное разведение предпочтительных генотипов, ускорить процесс селекции крупного рогатого скота молочного направления продуктивности на повышение хозяйственно полезных качеств [1, 5].

В этой связи **целью данной работы** явилось изучение взаимосвязи комплексных генотипов генов $DGAT1$, GH , PRL и BLG с показателями молочной продуктивности коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на базе молочно-товарного комплекса «Обухово» СПК им. И.П. Сенько Гродненского района Гродненской области. Для исследования использовали биологический материал (ушной выщип) от коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции в количестве 105 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».

ДНК-генотипирование животных по генам диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 ($DGAT1$), соматотропина (GH), пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG) проводили в отраслевой научно-исследовательской лаборатории «ДНК-технологий» УО «Гродненский государственный аграрный университет» 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 [2], а для амплификации и рестрикции использовали растворы производства ОДО «Праймтех», Беларусь.

Для амплификации участка гена $DGAT1$ использовали праймеры [10]:

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

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

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. При расщеплении продуктов амплификации гена $DGAT1$ идентифицировался генотип: $DGAT1^{KK}$ – фрагмент 411 п.н. (рисунок 1).

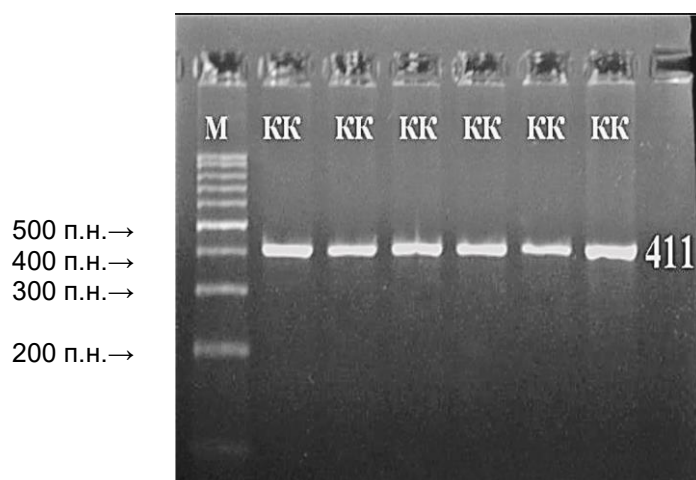


Рисунок 1 – Электрофореграмма рестрикционного анализа гена $DGAT1$

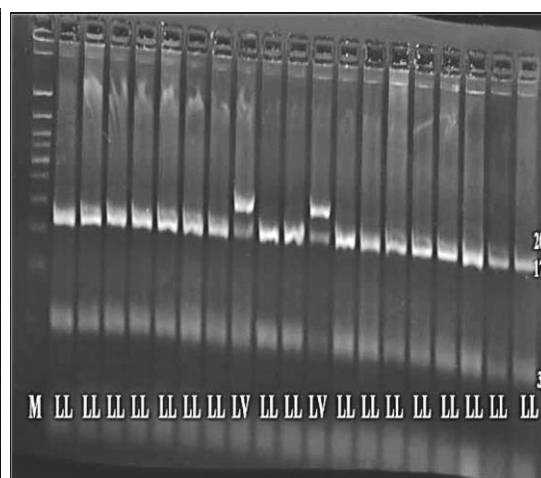


Рисунок 2 – Электрофореграмма рестрикционного анализа гена GH

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

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

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

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

Длина амплифицированного фрагмента гена *GH* составила 223 п.н. Для рестрикции амплифицированного участка гена *GH* применяли эндонуклеазу *AluI*. Реакцию проводили при температуре 37 °С. 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).

Для амплификации участка гена *PRL* использовали праймеры [11]:

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

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

Длина амплифицированного фрагмента гена *PRL* – 156 п.н. Для рестрикции амплифицированного участка гена *PRL* применяли эндонуклеазу *Rsa I*. Реакцию проводили при температуре 37 °С. 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 3).



Рисунок 3 – Электрофореграмма рестрикционного анализа гена *PRL*



Рисунок 4 – Электрофореграмма рестрикционного анализа гена *BLG*

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

BLG 1: 5' TGTGCTGGACACCGACTACAAAAAG 3'

BLG 2: 5' GCT CCC GGT ATA TGA CCA CCC TCT 3'

Длина фрагмента гена *BLG* – 247 п.н. Для рестрикции амплифицированного участка гена *BLG* применяли эндонуклеазу *BsuRI* (*HaeIII*). Реакцию проводили при температуре 37 °С. 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 4).

Частота встречаемости аллелей по генам диацилглицерол О-ацилтрансферазы 1 (*DGAT1*), пролактин (*PRL*), бета-лактоглобулина (*BLG*) и соматотропина (*GH*) рассчитана по формулам по Е.К. Меркурьевой [3]. Для оценки генетического равновесия в популяции по изучаемым генам определяли критерий хи-квадрат (χ^2) или критерий Пирсона [4].

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.

Статистическую обработку полученных данных проводили методами биологической статистики в описании Н.А. Плохинского [7], используя при этом компьютерную программу Microsoft Excel. Достоверными считались различия при уровне значимости * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$.

Результаты исследований. Соотношение первотелок голштинской породы молочного скота отечественной селекции с выявленными комбинациями генотипов генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG* представлено в таблице 1. Анализ полученных данных показывает, что всего было выявлено 13 комплексов генотипов из 27 возможных комбинаций. Из всех протестированных первотелок наибольшее количество животных имело комплекс генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}* – 32,5% (26 голов). При этом другие комбинации генотипов были распределены следующим образом: 16,3% первотелок, или 13 голов, имели комплекс генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AB}*, 8 го-

лов, или 10,0% животных, имели совокупность генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$, у 6 голов, или 7,5% животных, имелись сочетания генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$ и $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AB}$ соответственно, 5 животных, или 6,3%, имели комплекс генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$, 4 первотелки, или 5,0% животных, имели комбинацию генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}$, 3 головы, или 3,7% первотелок, имели комплекс генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{BB}$, комбинации генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AA}$, $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AA}$, $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{BB}BLG^{AB}$, $DGAT1^{KK}GH^{VV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ выявлены у 2 особей, и еще 1 животное имело комплекс генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{BB}$.

Таблица 1 – Соотношение первотелок голштинской породы молочного скота отечественной селекции с выявленными комбинациями генотипов генов $DGAT1$, GH , PRL и BLG

№ п/п	Комплекс генотипов генов	Животные	
		количество голов	%
1	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}$	4	5
2	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$	26	32,5
3	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{BB}$	1	1,2
4	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$	8	10
5	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$	13	16,3
6	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$	6	7,5
7	$DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AA}$	2	2,5
8	$DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$	5	6,3
9	$DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AA}$	2	2,5
10	$DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AB}$	6	7,5
11	$DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{BB}$	3	3,7
12	$DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{BB}BLG^{AB}$	2	2,5
13	$DGAT1^{KK}GH^{VV}PRL^{AA}BLG^{AB}$	2	2,5

Соотношение коров второй лактации голштинской породы молочного скота отечественной селекции с выявленными комбинациями генотипов $DGAT1$, GH , PRL и BLG представлено в таблице 2. Установлено, что всего было выявлено 13 комплексов генотипов из 27 возможных комбинаций. Так же как и в случае с первотелками, наибольшее количество из всех протестированных животных имели комплекс генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – 33,3% (18 голов).

Таблица 2 – Соотношение коров второй лактации голштинской породы молочного скота отечественной селекции с выявленными комбинациями генотипов $DGAT1$, GH , PRL и BLG

№ п/п	Комплекс генотипов генов	Животные	
		количество голов	%
1	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}$	2	3,7
2	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$	18	33,3
3	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{BB}$	2	3,7
4	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$	5	9,3
5	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$	7	13,0
6	$DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$	5	9,3
7	$DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AA}$	1	1,8
8	$DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$	5	9,3
9	$DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AA}$	1	1,8
10	$DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AB}$	3	5,6
11	$DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{BB}$	3	5,6
12	$DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{BB}BLG^{AB}$	1	1,8
13	$DGAT1^{KK}GH^{VV}PRL^{AA}BLG^{AB}$	1	1,8

При этом другие сочетания генотипов были распределены следующим образом: 7 голов, или 13,0% животных, имели комбинацию генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$, 5 голов, или 9,3% коров, имели сочетания генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$, $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$ и $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ соответственно, еще у 3 голов, или 5,6% животных, имелись совокупности генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AB}$ и $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{BB}$, 2 коровы, или 3,7% животных, имели комплексы генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}$ и $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{BB}$, сочетания генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AA}$, $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$, $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{BB}BLG^{AB}$ и $DGAT1^{KK}GH^{VV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ имело 1 животное соответственно.

Соотношение коров третьей лактации голштинской породы молочного скота отечественной селекции с выявленными комбинациями генотипов генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG* представлено в таблице 3. Из анализа данных, представленных в таблице 4, видно, что всего было выявлено 12 комплексов генотипов из 27 возможных комбинаций. Так же как и в случае с первотелками и коровами второй лактации, наибольшее количество из всех протестированных животных имели комплекс генотипов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}* – 39,5% (15 голов). Что касается животных других комбинаций генотипов, то они распределились следующим образом: 5 голов, или 13,3% животных, имели комбинацию генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}*, 4 головы, или 10,5% коров, имели сочетания генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}*, *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}* соответственно, еще 2 головы, или 5,3% животных, имели комплекс генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}* и *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}* соответственно, комбинации генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AA}*, *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AA}*, *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AB}*, *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{BB}*, *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{BB}BLG^{AB}* и *DGAT1^{KK}GH^{VV}PRL^{AA}BLG^{AB}* соответственно выявлены у 1 животного.

Таблица 3 – Соотношение коров третьей лактации голштинской породы молочного скота отечественной селекции с выявленными комбинациями генотипов генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG*

№ п/п	Комплекс генотипов генов	Животные	
		количество голов	%
1	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}</i>	2	5,3
2	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}</i>	15	39,5
3	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}</i>	4	10,5
4	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}</i>	5	13,3
5	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}</i>	4	10,5
6	<i>DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AA}</i>	1	2,6
7	<i>DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}</i>	2	5,3
8	<i>DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AA}</i>	1	2,6
9	<i>DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AB}</i>	1	2,6
10	<i>DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{BB}</i>	1	2,6
11	<i>DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{BB}BLG^{AB}</i>	1	2,6
12	<i>DGAT1^{KK}GH^{VV}PRL^{AA}BLG^{AB}</i>	1	2,6

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

Для оценки ассоциированного влияния комплекса генотипов генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG* с показателями молочной продуктивности коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции минимальная выборка составила 5 голов.

В результате исследований установлено, что наиболее высокий удой был у первотелок голштинской породы молочного скота отечественной селекции с комплексом генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AB}* – 8719,33±301,31 кг (таблица 4). По этому показателю они превосходили своих сверстниц, имеющих самый низкий удой, – 7595,85±232,95 кг (комплекс генотипов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}*) на 14,7% ($P<0,01$). Удой животных с другими комбинациями генотипов генов составил: *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}* – 8578,50±370,72 кг, *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}* – 8236,08±257,68 кг, *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}* – 7683,00±327,44 кг, *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}* – 8110,00±316,68 кг соответственно. По этому показателю они превосходили особей с сочетанием генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}*, имеющих наименьший удой, на 12,9% ($P<0,01$), на 8,4% ($P<0,05$), на 1,1% и на 6,7% ($P<0,05$) соответственно.

Вместе с тем по массовой доле жира в молоке наиболее высокие показатели имели первотелки с комплексом полиморфных вариантов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}* – 3,81±0,06%, и по этому показателю они превосходили своих сверстниц с комплексом генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}*, имеющих наиболее низкую жирномолочность – 3,71±0,07% на 0,10 п.п. ($P<0,05$). У животных с сочетаниями генотипов генов *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±0,06%, с комбинацией генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}* – 3,78±0,08% и с комплексом полиморфных вариантов генов *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{BB}* – 3,75±0,09%, что на 0,08 п.п., 0,07 п.п., на 0,04 п.п. выше, чем у первотелок с совокупностью генотипов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}* соответственно. Что касается массовой доли белка в молоке, то наиболее высокие показатели имели особи с комплексом генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}* – 3,29±0,03%, самые низкие –

первотелки с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$ – $3,21 \pm 0,04\%$. У первотелок остальных изучаемых комплексов генотипов массовая доля белка в молоке составляла $3,22 \pm 0,06\% = 3,27 \pm 0,05\%$ ($P < 0,05$). По количеству молочного жира в молоке самые высокие показатели имели животные с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AB}$ – $327,33 \pm 12,22$ кг, что на $13,7\%$ ($P < 0,01$) выше, чем у особей с сочетанием генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$, имеющих наименьший показатель – $287,81 \pm 9,59$ кг.

У первотелок с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$ количество молочного жира в молоке составило $318,88 \pm 13,24$ кг, у животных с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ – $312,85 \pm 13,57$ кг, у особей с совокупностью генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$ – $293,17 \pm 13,74$ кг, у первотелок с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – $307,20 \pm 18,29$ кг соответственно, что на $10,7\%$ ($P < 0,05$), $8,7\%$ ($P < 0,05$), $1,8\%$ и $6,7\%$ ($P < 0,05$) выше, чем у первотелок с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$.

Таблица 4 – Ассоциация комплекса полиморфных вариантов генов $DGAT1$, GH , PRL и BLG с показателями молочной продуктивности коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции, ($M \pm m$)

Отечественной селекции, (1 ± 1)							
№	Комплекс генотипов генов	n	Показатели				
			удой за 305 дней лактации, кг	массовая доля жира, %	количество молочного жира, кг	массовая доля белка, %	количество молочного белка, кг
Первотелки голштинской породы молочного скота отечественной селекции							
1	DGAT1 ^{KK} GH ^{LL} P RL ^{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} P RL ^{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} P RL ^{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} P RL ^{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} P RL ^{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} P RL ^{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} P RL ^{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} P RL ^{AB} BLG ^{AA}	5	8162,20± 165,33	3,52± 0,10	287,20± 10,93	3,26± 0,04	266,20± 11,04
3	DGAT1 ^{KK} GH ^{LL} P RL ^{AB} BLG ^{AB}	7	8486,43± 324,34	3,89± 0,09**	331,29± 12,43**	3,21± 0,05	272,14± 13,40
4	DGAT1 ^{KK} GH ^{LL} P RL ^{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} P RL ^{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} P RL ^{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} P RL ^{AB} BLG ^{AB}	5	9054,60± 308,23	3,68± 0,05	332,80± 13,76	3,24± 0,05	293,40± 14,08

По количеству молочного белка в молоке лучшие результаты имели первотелки с комплексами генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$ – $279,38 \pm 14,44$ кг и $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AB}$ – $279,17 \pm 12,02$ кг соответственно, что на $13,3\%$ ($P < 0,05$) и на $13,2\%$ ($P < 0,05$) выше, чем у первотелок с сочетанием генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$, имеющих показатель $246,50 \pm 12,28$ кг. У первотелок других изучаемых комплексов 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 комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$, на $0,5\%$... $9,9\%$ ($P < 0,05$) соответственно. При анализе показателей молочной продуктивности коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции второй лактации с полиморфными вариантами генотипов генов $DGAT1$, GH , PRL и BLG было установлено,

что наиболее высокий удой был у коров с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$ – $9533,20 \pm 306,33$ кг, что на 16,7% ($P < 0,01$) выше, чем у особей с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$, имеющих наименьший удой, – $8162,20 \pm 165,33$ кг. Коровы второй лактации с сочетанием генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ имели удой $8867,17 \pm 233,47$ кг, с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ – $8486,43 \pm 324,34$ кг и с совокупностью генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – $8580,80 \pm 287,13$ кг, что на 8,6% ($P < 0,05$), 3,9% и 5,1% ($P < 0,05$) выше, чем у коров с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$. По массовой доле жира в молоке наиболее высокий показатель имели животные с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ – $3,89 \pm 0,09\%$, что на 0,37 п.п. ($P < 0,01$) выше, чем у коров с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$, имеющих наименьшую жирномолочность – $3,52 \pm 0,10\%$. У коров с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ массовая доля жира в молоке составила $3,85 \pm 0,07\%$, с сочетанием генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$ – $3,77 \pm 0,10\%$ и с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – $3,86 \pm 0,10\%$, что на 0,33 п.п. ($P < 0,01$), 0,25 п.п. ($P < 0,05$) и 0,34 п.п. ($P < 0,01$) выше, чем у коров с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$ соответственно. Что касается массовой доли белка в молоке, то наиболее высокий показатель имели коровы с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$ – $3,27 \pm 0,05\%$, наиболее низкий – коровы с совокупностью генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ – $3,21 \pm 0,05\%$. У животных других комплексов генотипов массовая доля белка в молоке варьировала в пределах $3,23 \pm 0,06\% \dots 3,26 \pm 0,06\%$ ($P < 0,05$). В отношении количества молочного жира и белка в молоке более высокие результаты показали животные, имеющие комбинацию генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$ – $360,80 \pm 13,30$ кг и $312,80 \pm 12,67$ кг соответственно, что обусловлено, в первую очередь, более высоким удоем. По этим показателям они превосходили животных с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$, имеющих наиболее низкие значения, – $287,20 \pm 10,93$ кг и $266,20 \pm 11,04$ кг на 25,6% ($P < 0,01$) и 17,5% ($P < 0,01$) соответственно. Что касается животных других комплексов генотипов, то количество молочного жира и белка в молоке у них составило: у коров с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – $345,56 \pm 12,03$ кг и $285,94 \pm 10,81$ кг, с совокупностью генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ – $331,29 \pm 12,43$ кг и $272,14 \pm 13,40$ кг и с сочетанием генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – $329,40 \pm 14,16$ 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 комплексы генотипов были представлены меньшим количеством животных. В результате исследований установлено, что по удою наиболее высокий показатель имели животные с комплексом полиморфных вариантов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ – $9054,60 \pm 308,23$ кг, у животных с сочетанием генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ составил $8654,27 \pm 264,80$ кг. Вместе с тем по массовой доле жира и белка в молоке наиболее высокие показатели имели коровы третьей лактации с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – $3,84 \pm 0,04\%$ и $3,25 \pm 0,03\%$ соответственно. По этим показателям они превосходили своих сверстниц с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ на 0,16 п.п. ($P < 0,05$) и на 0,01 п.п. соответственно. По количеству молочного жира в молоке животные обоих комплексов генотипов имели практически одинаковые показатели – $332,07 \pm 9,43$ кг (комплекс генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$) и $332,80 \pm 13,76$ кг (комбинация генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$). Количество молочного белка в молоке оказалось выше на 4,4% у животных с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ по сравнению с животными сочетания генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$.

Таким образом, при оценке ассоциированного влияния комплексов генотипов генов $DGAT1$, GH , PRL и BLG с показателями молочной продуктивности коров голштинской породы молочной скота отечественной селекции установлено, что по массовой доле жира и количеству молочного жира в молоке, в большинстве случаев, наиболее высокие показатели имели животные с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$.

На следующем этапе исследований нами были изучены корреляционные связи между основными показателями молочной продуктивности коров голштинской породы молочной скота отечественной селекции по трем лактациям с учетом комплексов генотипов генов $DGAT1$, GH , PRL и BLG . Корреляционные связи между основными показателями молочной продуктивности коров голштинской породы молочной скота отечественной селекции по трем лактациям представлены в таблице 5. Анализ данных таблицы свидетельствует о том, что у первотелок всех комплексов генотипов (за исключением комплекса генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$) была выявлена положительная корреляционная связь (от низкой до высокой) между удоем и жирномолочностью ($r = 0,08 \dots 0,97$). Противоположная тенденция была выявлена между удоем и белкомолочностью: у животных всех комплексов генотипов (за исключением животных с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$) корреляционная связь была отрицательной (от низкой до высокой), при этом коэффициент корреляции составлял $r = -0,07 \dots -0,90$. Аналогичная тенденция по корреляционной связи была выявлена между показателями жирномолочности и белкомолочности. Так, первотелки всех комплексов генотипов (за исключением

первотелок с сочетанием генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$) имели отрицательную корреляционную связь ($r = -0,06-0,40$).

Между удоем и количеством молочного жира в молоке, между удоем и количеством молочного белка в молоке, а также между количеством молочного жира и количеством молочного белка в молоке у первотелок голштинской породы молочного скота отечественной селекции всех комплексов генотипов была выявлена высокая положительная корреляционная связь ($r = 0,85...0,99$). У коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции второй лактации отмечены различия в корреляционной связи между основными показателями молочной продуктивности в сравнении с первотелками. Так, между удоем и жирномолочностью у животных комплексов генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$ и $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ корреляционная связь была средней отрицательной величины ($r = 0,51$).

Таблица 5 – Корреляционная связь между основными показателями молочной продуктивности коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции по трем лактациям, г

№	Комплекс генотипов	n	Показатели					
			удой – жирномолочность	удой – белково- молочность	жирномолочность – белковомолочность	удой – количество молочного жира	удой – количество молочного белка	количество молочного жира – количество молочного белка
Первотелки голштинской породы молочного скота отечественной селекции								
1	DGAT1KKGHLLP RLAABLGAB	26	– 0,06	– 0,36	– 0,06	0,89	0,98	0,87
2	DGAT1KKGHLLP RLABBLGAA	8	0,08	– 0,70	– 0,40	0,94	0,99	0,91
3	DGAT1KKGHLLP RLABBLGAB	13	0,41	0,24	0,38	0,90	0,96	0,91
4	DGAT1KKGHLLP RLABBLGAB	6	0,43	– 0,07	– 0,32	0,97	0,98	0,94
5	DGAT1KKGHLVP RLAABLGAB	5	0,97	– 0,47	– 0,30	0,99	0,99	0,99
6	DGAT1KKGHLVP RLABBLGAB	6	0,18	– 0,90	– 0,32	0,89	0,98	0,85
Коровы голштинской породы молочного скота отечественной селекции второй лактации								
1	DGAT1KKGHLLP RLAABLGAB	18	0,54	– 0,19	0,44	0,95	0,98	0,97
2	DGAT1KKGHLLP RLABBLGAA	5	– 0,51	– 0,27	0,54	0,80	0,95	0,83
3	DGAT1KKGHLLP RLABBLGAB	7	0,27	0,17	– 0,40	0,99	0,98	0,97
4	DGAT1KKGHLLP RLABBLGAB	5	0,49	0,75	0,60	0,90	0,98	0,91
5	DGAT1KKGHLVP RLAABLGAB	5	– 0,51	– 0,99	0,50	0,82	0,99	0,81
Коровы голштинской породы молочного скота отечественной селекции третьей лактации								
1	DGAT1KKGHLLP RLAABLGAB	15	– 0,34	– 0,28	+ 0,28	+ 0,96	+ 0,97	+ 0,94
2	DGAT1KKGHLLP RLABBLGAB	5	+ 0,11	– 0,12	– 0,99	+ 0,98	+ 0,97	+ 0,91

У животных с комбинациями генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$, $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$ и $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ корреляционная связь между удоем и жирномолочностью, напротив, была положительной (от средней до высокой положительной), а коэффициент корреляции варьировал от 0,27 до 0,54. Что касается корреляционной связи между удоем и белковомолочностью, то у животных с комплексами полиморфных вариантов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$, $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$ и $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ она была

отрицательной (от низкой до высокой), а коэффициент корреляции (r) составил $-0,19$, $-0,27$ и $-0,99$ соответственно. У коров с сочетаниями генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ и $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$ корреляционная связь между удоем и белковомолочностью была положительной (от низкой до высокой), а коэффициент корреляции (r) составил $0,17$ и $0,75$ соответственно. Между жирномолочностью и белковомолочностью у животных всех комплексов генотипов (за исключением коров с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$) была отмечена положительная корреляционная связь. При этом коэффициент корреляции варьировал от $0,44$ у животных с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ до $0,60$ – у особей с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}$, что является средней величиной.

Между другими показателями молочной продуктивности коров, в частности, между удоем и количеством молочного жира в молоке, между удоем и количеством молочного белка в молоке, а также между количеством молочного жира и количеством молочного белка в молоке у животных второй лактации всех комплексов генотипов была выявлена высокая положительная корреляционная связь ($r=0,80...0,99$). При анализе корреляционной связи между основными показателями молочной продуктивности коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции третьей лактации установлено, что у животных с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ была выявлена средней величины отрицательная корреляционная связь между удоем и жирномолочностью, а также между удоем и белковомолочностью ($r = -0,34$ и $-0,28$ соответственно). Между показателями жирномолочности и белковомолочности установлена низкая положительная корреляционная связь, а коэффициент корреляции (r) составил $0,28$. Вместе с тем между такими показателями молочной продуктивности, как удой и количество молочного жира в молоке, удой и количество молочного белка в молоке, а также между количеством молочного жира и количеством молочного белка в молоке корреляционная связь была высокой положительной ($r=0,95...0,98$). Что касается животных с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$, то необходимо отметить, что между удоем и жирномолочностью была установлена низкая положительная корреляционная связь ($r=0,11$). Между удоем и белковомолочностью, наоборот, была выявлена низкая отрицательная корреляционная связь ($r = -0,12$). Вместе с тем была установлена высокая отрицательная корреляционная связь между показателями жирномолочности и белковомолочности ($r = -0,99$). Высокая положительная корреляционная связь была выявлена между такими показателями, как удой и количество молочного жира в молоке, удой и количество молочного белка в молоке, количество молочного жира и количество молочного белка в молоке. Между указанными выше показателями коэффициент корреляции (r) находился в интервале $0,94...0,97$. Аналогичные результаты были получены в исследованиях других ученых [6].

Закключение. При оценке ассоциированного влияния комплексов генотипов генов $DGAT1$, GH , PRL и 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 комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$. Установлено, что у животных всех комплексов генотипов генов по трем лактациям были выявлены средние и высокие величины положительных корреляционных связей между удоем и количеством молочного жира в молоке, удоем и количеством молочного белка в молоке, а также между количеством молочного жира и количеством молочного белка в молоке ($r=0,80...0,99$). Что касается взаимосвязи между другими показателями молочной продуктивности, в частности, между удоем и жирномолочностью, удоем и белковомолочностью, а также между жирномолочностью и белковомолочностью, корреляционные связи изменялись в зависимости от комплексного генотипа и номера лактации и варьировали от высоких положительных до высоких отрицательных величин, при этом коэффициент корреляции (r) находился в интервале от $-0,97$ до $0,99$.

Conclusion. At the assessment of associated influence of $DGAT1$, GH , PRL and BLG genotype complexes with milk productivity indicators of Holstein dairy cows of domestic selection it was established that animals with $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ genotype complexes had the highest indices in most cases. It was found that in animals of all complexes of genes genotypes, average and high values of positive correlations between milk yield and milk fat in milk, milk yield and milk protein in milk, as well as between milk fat and milk protein in milk ($r=0,80...0,99$) were revealed for three lactations. Regarding the relationship between other dairy performance indices, particularly between milk yield and fat yield, milk yield and protein milk yield, and between fat yield and protein milk yield, the correlations varied according to complex genotype and lactation number, and ranged from high positive to high negative values, with correlation coefficient (r) ranging from $0,97$ to $0,99$.

Список литературы.

1. Глазко, В. И. Молекулярная биология для животноводства / В. И. Глазко // *FarmAnimals*. – 2012. – № 1 (1). – С. 24–29.
2. Маниатис, Т. Молекулярное клонирование / Т. Маниатис, Э. Фрич, Дж. Сэмбрук. – Москва : Мир, 1984. – 480 с.
3. Меркурьева, Е. К. Биометрия в селекции и генетике / Е. К. Меркурьева. – Москва : Колос, 1970. – 423 с.
4. Меркурьева, Е. К. Генетика с основами биометрии / Е. К. Меркурьева, Г. Н. Шангин-Березовский. – Москва : Колос, 1983. – 400 с.
5. Гетманцева, Л. В. Молекулярно-генетические исследования сельскохозяйственных животных методом ПЦР-ПДРФ : учебное пособие / Л. В. Гетманцева ; Донской государственный аграрный университет. – Персиановский : ДонГАУ, 2018. – 119 с.
6. Племенная работа в молочном скотоводстве / Н. В. Казаровец, Т. В. Павлова, Н. И. Гавриченко [и др.] ; Белорусский государственный аграрный технический университет. – Минск : БГАТУ, 2012. – 421 с.
7. Плохинский, Н. А. Биометрия / Н. А. Плохинский. – Москва : АН СССР, 1969. – 360 с.
8. Ardici, S. Comprehensive assessment of candidate genes associated with fattening performance in Holstein-Frisian bulls / S. Ardici // *Arch. Animal Breeding*. – 2019. – Vol. 62, № 1. – P. 9–32.
9. Stimulated growth hormone (GH) release in Friesian cattle with respect to GH genotypes / R. Grochowska, L. Zwierzchowski, M. Snochowski, Z. Reklewski // *Respod. Nutr.* – 1999. – Dev. 39. – P. 171–180.
10. 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.
11. Thya, 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. Thya // *Russ. J. of Genetics*. – 2018. – Vol. 54, № 3. – P. 346–352.

References.

1. Glazko, V. I. Molekulyarnaya biologiya dlya zhivotnovodstva / V. I. Glazko // *FarmAnimals*. – 2012. – № 1 (1). – S. 24–29.
2. Maniatis, T. Molekulyarnoe klonirovanie / T. Maniatis, E. Frich, Dzh. Sembruk. – Moskva : Mir, 1984. – 480 s.
3. Merkur'eva, E. K. Biometriya v selekcii i genetike / E. K. Merkur'eva. – Moskva : Kolos, 1970. – 423 s.
4. Merkur'eva, E. K. Genetika s osnovami biometrii / E. K. Merkur'eva, G. N. SHangin-Berezovskij. – Moskva : Kolos, 1983. – 400 s.
5. Getmanceva, L. V. Molekulyarno-geneticheskie issledovaniya sel'skokozyajstvennyhzhivotnyh me-todom PCR-PDRF : uchebnoe posobie / L. V. Getmanceva ; Donskoj gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – Persianovskij : DonGAU, 2018. – 119 s.
6. Plemennaya rabota v molochnom skotovodstve / N. V. Kazarovec, T. V. Pavlova, N. I. Gavrichenko [i dr.] ; Belorusskij gosudarstvennyj agrarnyj tekhnicheskij universitet. – Minsk : BGATU, 2012. – 421 s.
7. Plohinskij, N. A. Biometriya / N. A. Plohinskij. – Moskva : AN SSSR, 1969. – 360 s.
8. Ardici, S. Comprehensive assessment of candidate genes associated with fattening performance in Holstein-Frisian bulls / S. Ardici // *Arch. Animal Breeding*. – 2019. – Vol. 62, № 1. – P. 9–32.
9. Stimulated growth hormone (GH) release in Friesian cattle with respect to GH genotypes / R. Grochowska, L. Zwierzchowski, M. Snochowski, Z. Reklewski // *Respod. Nutr.* – 1999. – P. 171–180.
10. 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. – R. 307–313.
11. Thya, 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. Thya // *Russ. J. of Genetics*. – 2018. – Vol. 54, № 3. – P. 346–352.

Поступила в редакцию 17.02.2025.

DOI 10.52368/2078-0109-2025-61-2-67-73

УДК 636.2.087.7

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ α -АМИЛАЗЫ И ЖИВЫХ ДРОЖЖЕЙ В КОРМЛЕНИИ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ

**Подрез В.Н. ORCID ID 0000-0001-7527-2228, Карпеня М.М. ORCID ID 0000-0002-4762-676X,
Ухов М.С., Карпеня С.Л. ORCID ID 0000-0001-7690-9091**

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,
г. Витебск, Республика Беларусь

Доказана целесообразность применения экзогенного фермента α -амилазы продуцента *Bacillus licheniformis* в количестве 0,5 мг/кг сухого вещества рациона в качестве фактора, повышающего эффективность использования кормовой добавки на основе живых штаммов дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в кормлении высокопродуктивных коров, которая выразилась в увеличении молочной продуктивности в энергетически скорректированном молоке (ЕСМ) на 4,9% и повышении показателя IOFC (выручка сверх стоимости корма) на 5,7%. **Ключевые слова:** дрожжи, амилаза, нейтрально-детергентная клетчатка, крахмал, летучие жирные кислоты, молочная продуктивность.