Original researches

Evaluation of cows' milk productivity by using genetic markers

N. Yu. Gubarenko

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Received: 27 April 2020
Revised: 12 May 2020
Accepted: 08 June 2020

Dnipro State Agrarian and Economic University, S. Efremov Str. 25, 49600, Dnipro, Ukraine
Tel.: +38-067-564-16-57
E-mail: gubarenkonata@i.ua

Cite this article: Gubarenko, N. Yu. (2020). Evaluation of cows' milk productivity by using genetic markers. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 8(2), 163–170. doi: 10.32819/2020.82023

Abstract. Presented results of a study on the relationship of various polymorphic variants of the GH and PIT-1 gene with such economically useful traits as milk yield, milk fat and protein content, the yield of milk protein and fat in highly productive half-sibs of Holstein cows. The experimental animals were divided into groups depending on the combination of different allele forms of the GH and PIT-1 genes. The studies were carried out at ZAO Agro-Soyuz, Dnipropetrovsk region. The total sample consisted of 136 half-sibs cows, which were daughters of the Holstein bull Cashmere 131671771. All animals were of the same age. The DNA samples extracted from the experimental animals' blood were subject for the research. To determine the polymorphism of marker genes, the PCR-RFLP method was used. When distributing half-sibs cows on genotypes according to the growth hormone gene GH, were found 124 (91.10%) homozygous animals of LL genotype, 10 (7.50%) heterozygous animals of LV genotype, and 2 (1.40%) homozygous animals of VV genotype. It was established that homozygous half-sibs of LL genotype were dominated over heterozygous half-sibs of LV genotype by milk yield during 303 days for 753 kg ($P > 0.99$), by the amount of milk fat – for 26.8 kg ($P > 0.99$), by the amount of milk protein – for 24.7 kg ($P > 0.99$). An advantage in the main milk productivity indicators of homozygous LL genotype half-sibs of the GH gene over heterozygous LV genotype half-sibs of the GH gene was also observed for 305 days of the second lactation. Heterozygous half-sibs of AB genotype by the PIT-1 gene had an advantage over their peers – homozygous half-sibs of BB genotype, including the milk yield for 425 kg ($P > 0.95$), the milk fat amount for 16.5 kg ($P > 0.95$) and the milk protein amount for 14.45 kg ($P > 0.99$). According to the milk fat and protein content, the difference was not significant. The most pronounced raising effect of the main milk productivity indicators were combinations of GH and PIT-1 paired genes. A part of the complex genotype factor influence on milk yield during 305 days of the first two lactations, the yield of milk fat and protein was about 26.6–30.2% in $P > 0.999$. The LL homozygosity by the GH gene in combination with the AB and BB genotypes by the PIT-1 gene in the context of the first two lactations was accompanied by higher yield of milk ($r = +0.503 \dots 0.505$ for $P > 0.999$), by larger amount of milk fat ($r = +0.503 \dots 0.505$ for $P > 0.999$) and milk protein ($r = +0.520 \dots 0.530$ for $P > 0.999$). The LL homozygosity by the GH gene in combination with the AB and BB genotypes by the PIT-1 gene in the context of the first two lactations was accompanied by higher yield of milk ($r = +0.503 \dots 0.505$ for $P > 0.999$), by larger amount of milk fat ($r = +0.503 \dots 0.505$ for $P > 0.999$) and milk protein ($r = +0.520 \dots 0.530$ for $P > 0.999$). A statistically significant, direct correlation, average in strength, suggests that the use of genetic markers, in particular GH and PIT-1 genes for growth hormone, will be effective for the selection and subsequent formation of a highly productive herd in the direction of increasing milk productivity.

Keywords: Holstein cattle; GH gene; PIT-1 gene; genotype; share of voice; correlative changeability.

Оцінювання молочної продуктивності корів із використанням генетичних маркерів

Н. Ю. Губаренко

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, Україна

Анотація. Наведено результати дослідження зв'язку різних поліморфних варіантів гена GH і PIT-1 з господарсько-корисними ознаками – надій, уміст жиру і білка в молоці, вихід молочного жиру та молочного білка у високопродуктивних корів-напівсисбів голштинської породи. Піддослідних тварин розділено на групи залежно від поєднання різних алелоформ генів GH і PIT-1. Дослідження проведені у ПрАТ «Агро-Союз» Дніпропетровської області. Загальна вибіркова сукупність складала 136 корів-напівсисбів дочок голштинського бугая-плідника Кашеміра 131671771. Усі тварини – одноівкові аналоги. Досліджували зразки ДНК, виділені з крові піддослідних тварин. Для визначення поліморфізму маркерних генів використовували метод ПЛІР-ПДРФ. При розподілі корів-напівсисбів на генотипи за геном гормону росту GH виявлено 124 (91,10%) гомозиготних тварин генотипу LL, 10 (7,50%) гетерозиготних тварин генотипу LV та 2 (1,40%) гомозиготних тварин генотипу VV. Оскільки тварини гомозиготного генотипу VV представлені малою вибіркою ($n = 2$), вивчали основні показники молочної продуктивності за 305 днів першої та другої лактації лише у представниць генотипів LL та LV. Встановлено, що гомозиготні напівсисби генотипу LL переважали гетерозиготних напівсисбів генотипу LV за

надоєм за 305 днів на 753 кг ($P > 0,99$), кількістю молочного жиру – на 26,8 кг $P > 0,99$, кількістю молочного білка – на 24,7 кг $P > 0,99$. Перевага за основними показниками молочної продуктивності гомозиготних напівсисів генотипу LL за геном GH над гетерозиготними напівсисами генотипу LV за геном GH спостерігається і за 305 днів другої лактації. Гетерозиготні напівсиси генотипу AB за геном PIT-1 мали перевагу над ровесницями – гомозиготними напівсисами BB, у тому числі: за величиною надою на 425 кг ($P > 0,95$), кількістю молочного жиру на 16,5 кг ($P > 0,95$) та кількістю молочного білка на 14,45 кг ($P > 0,99$). За вмістом жиру та білка в молоці різниця не достовірна. Найбільш виразний підвищуючий ефект основних показників молочної продуктивності мають парні комбінації генів GH та PIT-1. Частка впливу фактору комплексного генотипу на надій за 305 днів перших двох лактацій, вихід молочного жиру та білка складає в межах 26,6 – 30,2% за $P > 0,999$. Гомозиготність LL за геном GH у поєднанні з генотипами AB та BB за геном PIT-1 у розрізі перших двох лактацій супроводжується вищими надоями ($r = +0,503 \dots 0,505$ за $P > 0,999$), більшою кількістю молочного жиру ($r = +0,503 \dots 0,505$ за $P > 0,999$) і молочного білка ($r = +0,520 \dots 0,530$ за $P > 0,999$). Статистично вірогідний, прямий кореляційний зв'язок, середній за силою, дає підставу вважати, що застосування генетичних маркерів, зокрема генів гормону росту GH та PIT-1 буде ефективним для відбору, підбору та подальшого формування високопродуктивного стада в напрямку підвищення показників молочної продуктивності.

Ключові слова: голштинська худоба; ген GH; ген PIT-1; генотип; частка впливу фактору; співвідносна мінливість ознак.

Вступ

Сучасні методи селекції спрямовані на формування у тварин стада вираженості виробничого напрямку породи, високого метаболічного статусу організму, міцності будови тіла та високої природної резистентності (Chernenko & Shul'zhenko, 2011; Chernenko & Chernenko, 2018; Mylostyvyi et al., 2019; Williams, 2019). В основному саме ці ознаки визначають успіх у нарізці-ванні молочної продуктивності, підвищенні якості продукції та збільшенні тривалості господарського використання молочної худоби (Chernenko, 2010; Gibson & Dechow, 2018; Dahl, 2020). Для цього потрібне впровадження нових науково-обґрунтованих генетичних методів оцінки і відбору тварин, тому що підвищення генетичного потенціалу великої рогатої худоби значною мірою визначається наявністю інформації щодо генетичної природи ознак продуктивності (VanRaden & Sullivan, 2010; Safina, 2018; Sullivan, 2019; Maletić et al., 2019). А можливість цілеспрямованого створення високопродуктивних стад тварин залежить від наявності інформації про гени, що контролюють ці ознаки (Shaiddullin & Ganiev, 2017; Patel & Chauhan, 2018; Sullivan, 2019). У зв'язку з цим, актуальним є застосування маркер-допоміжної селекції у галузі молочного скотарства. Це дасть можливість об'єктивно оцінювати генетичний потенціал продуктивності тварин та має призвести до підвищення економічної ефективності галузі (Dekkers, 2004; Trakovická et al., 2019).

Сучасні генетичні дослідження спрямовані, зокрема на виявлення асоціації поліморфізму алельних варіантів гену гормону росту GH з надоєм, вмістом жиру та білка у молоці. Серед молочних корів гомозиготного генотипу LL більшість тварин проявляють вищу надої, ніж представниці таких генотипів, як LV та VV (Lucy et al., 1993; Hoj et al., 1993; Zwierchowski et al., 2002).

Гормон росту є фізіологічним індикатором продуктивних характеристик великої рогатої худоби і цей гормон проявляє свою дію у взаємозв'язку з іншими гормонами, рецепторами і білками (Lechniak et al., 2002). Ген гормону росту є потенційним маркером продуктивності сільськогосподарських тварин. У великої рогатої худоби гормон росту є одинарним поліпептидом, який складається з 190–191 амінокислоти (Maskur & Arman, 2014). Цей гормон є продуктом експресії гена гормону росту (GH). Дослідження, які проведені на представниках великої рогатої худоби спрямовані на вивчення поліморфізму алельних варіантів гену GH, асоційованих з вмістом жиру і білка в молоці, загальним надоєм і темпом приросту живої маси. Найбільш вивчений взаємозв'язок мутації в п'ятому екзоні з показниками (Kalashnikova et al., 2019).

Було отримано дані щодо позитивної кореляції різних алелей з кількісними показниками продуктивності великої рогатої худоби у результаті проведених досліджень з аналізу полімор-

фізму алельних варіантів гену гормону росту (Lagziel et al., 1999).

Велику зацікавленість селекціонерів викликає і ген гіпофізарно-специфічного фактору транскрипції PIT-1 (Zhao et al., 2004). Вченими Maskur, R., & Arman (2014) встановлено зв'язок різних поліморфних варіантів гена GH і PIT-1 з такими господарсько-корисними ознаками великої рогатої худоби як ріст і розвиток, молочна продуктивність (надій, вміст жиру і білка в молоці).

Основна мета роботи – встановити селекційні параметри відбору корів за поліморфізмом алельних варіантів генів соматотропіну GH і гіпофізарно-специфічного фактору транскрипції PIT-1 та дослідити їх вплив на молочну продуктивність високопродуктивних голштинських корів в умовах інтенсивної технології виробництва молока.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проведені у ПрАТ «Агро-Союз» Дніпропетровської області. Загальна вибірка сукупності складала 136 корів-напівсисів дочок голштинського бугая-плідника Кашеміра 131671771. Усі тварини одновікові аналоги. Досліджували зразки ДНК, виділені з крові піддослідних тварин.

Для визначення поліморфізму маркерних генів використовували метод ПЛР-ПДРФ (Burkat et al., 2009). Дослідження провели під керівництвом спеціалістів лабораторії генетичного контролю Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААНУ, м. Полтава.

Виділення геномної ДНК проводили за допомогою смоли «Chelex-100». Реакцію проводили в ампліфікаторі «Терцик» фірми «ДНК-технологія». Для ампліфікації фрагментів досліджуваних генів використовували наступні праймери: для гену гормону росту GH (F: 5'-GCTGCTCCTGAGGGCCCTTC-3'; R: 5'-CGGCGGCACTTCATGACCC-3'), гену гіпофізарно-специфічного фактору транскрипції PIT-1 (F: 5'-CAATGAGA-AAGTTGGTGC-3'; R: 5'-TCTGCATTCGAGATGCTC-3'). Довжина ампліфікованого фрагменту гену GH складає 223 п.н., а фрагменту гену PIT-1 – 1355 п.н.

Для рестрикції гену GH використовували рестриктазу AluI. Після рестрикції фрагменти довжиною 171 п.н. і 52 п.н. виявляли у представників генотипу LL, а у носіїв генотипу VV виявлявся нерестрикційний фрагмент довжиною 223 п.н. Рестрикцію ампліфікованого фрагменту гену PIT-1 здійснювали за допомогою ендонуклеази HinfI. Фрагменти довжиною 660 п.н., 425 п.н. та 270 п.н., після обробки продуктів ПЛР ендонуклеазою рестрикції HinfI, відповідають А-алелю; фрагменти 660 п.н., 385 п.н. та 270 п.н. вказують на В-алель.

Продукти рестрикції розділяли методом електрофорезу в 2% агарозному гелі у тріс-боратному буфері. Візуалізацію проводили на транслюмінаторі в ультрафіолетовому світлі при

довжині хвилі 380 нм після забарвлення гелю етидієм бромідом (0,5 мкг/мл). Розміри ДНК-продуктів визначали за допомогою маркеру молекулярних мас: для гену GH pUC19/MSPI, для гену PIT-1 – pBR322 DNA / BsuRI, 1 kbDNA Ladder.

Електрофореграми документували за допомогою цифрової камери Canon.

Статистичну обробку матеріалу, кореляційний аналіз (метод кореляційних ґраток для альтернативних ознак) та дисперсійний аналіз однофакторних комплексів виконали у середовищі Microsoft Excel.

Результати

Встановлено, що гомозиготні напівсисби генотипу LL переважали гетерозиготних напівсисбів генотипу LV за надоем за 305 днів на 753 кг ($P > 0,99$), кількістю молочного жиру – на 26,8 кг $P > 0,99$, кількістю молочного білка – на 24,7 кг $P > 0,99$. У обох дослідних груп величина коефіцієнтів варіації була в межах 3,1 – 10,5%. Що свідчить про слабку мінливість показників молочної продуктивності (табл. 1).

Однофакторний дисперсійний аналіз свідчить, що генотип за геном гормону росту GH має незначний вплив на показники молочної продуктивності за першу лактацію голштинсь-

ких корів-напівсисбів. Частка впливу генотипу за геном GH на надій за 305 днів становить 4,0% за $P > 0,99$, вихід молочного жиру – 3,6% за $P > 0,95$, вихід молочного білка – 4,2% за $P > 0,95$, а на вміст жиру та білка в молоці в межах 1,3–1,4% за $P < 0,95$ (табл. 2).

Перевагу за основними показниками молочної продуктивності гомозиготних напівсисбів генотипу LL за геном GH над гетерозиготними напівсисбами генотипу LV за геном GH спостерігали й за 305 днів другої лактації (табл. 3).

З'ясовано, що значно вищі надой за 305 днів другої лактації мають корови-напівсисби генотипу LL за геном GH на 999 кг ($P > 0,99$), порівняно з ровесницями генотипу LV. Корови генотипу LL відрізнялися від ровесниць генотипу LV більшою кількістю молочного жиру на 35,7 кг ($P > 0,99$) та молочного білка на 33,0 кг ($P > 0,99$), тоді як за вмістом жиру і білка у молоці різниця виявилась статистично не вірогідною. Коефіцієнт мінливості показників молочної продуктивності перебував у межах 3,0–10,0%.

Частка впливу генотипу за геном гормону росту GH на показники молочної продуктивності голштинських корів-напівсисбів за 305 днів другої лактації представлена у таблиці 4.

Однофакторним дисперсійним аналізом встановлено достовірний вплив генотипу за геном соматотропіну GH на надій

Таблиця 1. Молочна продуктивність голштинських корів-напівсисбів різних генотипів за геном GH у першу лактацію

Ознака	Генотип корів за геном гормону росту GH				Різниця (v = 132)
	LL (n = 124)		LV (n = 10)		
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Cv, %	
Надій за 305 днів, кг	9 526 ± 89,3	10,4	8 773 ± 237,9	8,1	+753 ± 254,16**
Вміст жиру, %	3,66 ± 0,003	3,1	3,67 ± 0,006	3,5	-0,01 ± 0,01
Кількість молочного жиру, кг	348,7 ± 3,31	10,6	321,9 ± 8,68	8,1	+26,8 ± 9,30**
Вміст білка, %	3,17 ± 0,003	3,2	3,16 ± 0,011	3,1	+0,01 ± 0,01
Кількість молочного білка, кг	301,9 ± 2,85	10,5	277,2 ± 7,55	8,2	+24,7 ± 8,07**

Примітка: ** – $P > 0,99$, порівняно з генотипом LV.

Таблиця 2. Частка впливу генотипу за геном GH на показники молочної продуктивності голштинських корів-напівсисбів у першу лактацію, $n = 134$

Ознака	Параметри однофакторного дисперсійного аналізу		
	η^2 , %	F	P
Надій за 305 днів	4,0	5,44	$> 0,99$
Вміст у молоці жиру	1,3	1,61	$< 0,95$
Молочний жир	3,6	4,95	$> 0,95$
Вміст у молоці білка	1,4	1,93	$< 0,95$
Молочний білок	4,2	5,85	$> 0,95$

Примітка: η^2 , % – частка впливу досліджуваного фактору; F – критерій Фішера; P – ступінь вірогідності результату.

Таблиця 3. Молочна продуктивність голштинських корів-напівсисбів різних генотипів за геном GH у другу лактацію

Ознака	Генотип корів за геном гормону росту GH				Різниця (v = 132)
	LL (n = 124)		LV (n = 10)		
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Cv, %	
Надій за 305 днів, кг	11 760 ± 118,1	10,0	10 761 ± 350,4	8,6	+999 ± 369,82**
Вміст жиру, %	3,68 ± 0,004	4,0	3,69 ± 0,007	3,5	-0,01 ± 0,01
Кількість молочного жиру, кг	432,8 ± 4,42	10,2	397,1 ± 12,71	8,5	+35,7 ± 13,45**
Вміст білка, %	3,19 ± 0,004	3,2	3,18 ± 0,013	3,0	+0,01 ± 0,01
Кількість молочного білка, кг	375.1 ± 3,77	10.0	342.1 ± 11.60	9.0	+33.0 ± 12.20**

Примітка: ** – $P > 0,99$, порівняно з генотипом LV.

Таблиця 4. Частка впливу генотипу за геном GH на показники молочної продуктивності голштинських корів-напівсисів у другу лактацію, n = 107

Ознака	Параметри однофакторного дисперсійного аналізу		
	η_x^2 , %	F	P
Надій за 305 днів	4,9	5,43	> 0,99
Вміст у молоці жиру	1,3	1,37	< 0,95
Молочний жир	4,6	5,03	> 0,95
Вміст у молоці білка	2,4	1,26	< 0,95
Молочний білок	5,1	5,61	> 0,95

Примітка: η_x^2 , % – частка впливу досліджуваного фактору; F – критерій Фішера; P – ступінь вірогідності результату.

за 305 днів другої лактації (4,9% за P > 0,99), кількість молочного жиру (4,6% за P > 0,95), кількість молочного білка (5,1% за P > 0,95). Несуттєвий вплив генотипу за геном соматотропіну GH спостерігали на вміст жиру та білка в молоці, він перебував у межах 1,3–2,4% за P < 0,95.

Таким чином, при дослідженні впливу поліморфізму гену гормону росту GH на основні показники молочної продуктивності голштинських корів виявлено, що гомозиготні тварини генотипу LL мають більший надій, вихід молочного жиру та білка за статистично значущого результату (P > 0,95–0,999).

У дочок бугая-плідника Кашеміра Ет, за поліморфізмом гену P1T-1 був характерним наступний розподіл генотипів: гомозиготних представниць генотипу AA було виявлено 3 гол. (2,21%), гетерозиготних тварин генотипу АВ – 44 гол. (32,35%) і гомозиготних тварин генотипу ВВ – 89 гол. (65,44%). Ми не вивчали показники молочної продуктивності представниць генотипу AA внаслідок малочисельності вибірки (n = 3).

Аналіз продуктивних якостей голштинських корів-напівсисів різних генотипів за геном гіпофізарно-специфічного фактору транскрипції P1T-1 за 305 днів першої лактації наведено в таблиці 5.

Встановлено, що гетерозиготні напівсисби генотипу АВ мали перевагу над ровесницями – гомозиготними напівсисба-

ми ВВ, у тому числі: за величиною надою на 425 кг (P > 0,95), кількістю молочного жиру у молоці на 16,5 кг (P > 0,95) та кількістю молочного білка на 14,45 кг (P > 0,99). За вмістом жиру та білка в молоці різниця не достовірна.

Слабку мінливість показників молочної продуктивності у обох дослідних груп спостерігали за 305 днів першої лактації, вона була в діапазоні 2,2–10,5%.

Однофакторним дисперсійним аналізом встановлено вплив генотипу за геном P1T-1 на показники молочної продуктивності голштинських корів-напівсисів за першу лактацію (табл. 6).

Виявлена достовірна частка впливу генотипу за геном гіпофізарно-специфічного фактору транскрипції P1T-1 на надій за 305 днів лактації, кількість молочного жиру та білка (4,1–4,6%). Найменшим і з недостовірним результатом виявився вплив генотипу за геном P1T-1 на вміст молочного жиру та білка у молоці (1,3 та 1,5%)

Подібний вплив генотипу за геном P1T-1 спостерігали і за другу лактацію – з перевагою гетерозиготних корів-напівсисів генотипу АВ над гомозиготними однолітками генотипу ВВ (табл. 7).

Встановлено, що гетерозиготні тварини генотипу АВ за геном гіпофізарно-специфічного фактору транскрипції P1T-1 переважали гомозиготних тварин ВВ за надоєм на 499 кг (P >

Таблиця 5. Молочна продуктивність голштинських корів-напівсисів різних генотипів за геном P1T-1 у першу лактацію

Ознака	Генотип корів за геном гіпофізарно-специфічного фактору транскрипції P1T-1				Різниця (v = 131)
	AB (n = 44)		BB (n = 89)		
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Cv, %	
Надій за 305 днів, кг	9 764 ± 142,8	9,7	9 339 ± 103,8	10,5	+425 ± 176,55*
Вміст жиру, %	3,67 ± 0,004	3,8	3,66 ± 0,004	3,1	+0,01 ± 0,01
Кількість молочного жиру, кг	358,3 ± 5,31	9,8	341,8 ± 3,81	10,5	+16,5 ± 6,54*
Вміст білка, %	3,18 ± 0,006	2,2	3,17 ± 0,004	2,2	+0,01 ± 0,01
Кількість молочного білка, кг	310,5 ± 4,59	9,8	296,1 ± 3,29	10,5	+ 14,4 ± 5,65**

Примітка: * – P > 0,95, ** – P > 0,99, порівняно з генотипом ВВ.

Таблиця 6. Частка впливу генотипу за геном P1T-1 на показники молочної продуктивності голштинських корів-напівсисів у першу лактацію, n = 133

Ознака	Параметри однофакторного дисперсійного аналізу		
	η_x^2 , %	F	P
Надій за 305 днів	4,1	5,58	> 0,95
Вміст у молоці жиру	1,3	1,67	< 0,95
Молочний жир	4,5	6,16	> 0,95
Вміст у молоці білка	1,5	2,01	< 0,95
Молочний білок	4,6	6,39	> 0,95

Примітка: η_x^2 , % – частка впливу досліджуваного фактору; F – критерій Фішера; P – ступінь вірогідності результату.

Таблиця 7. Молочна продуктивність голштинських корів-напівсисів різних генотипів за геном PIT-1 у другу лактацію

Ознака	Генотип корів за геном гіпофізарно-специфічного фактору транскрипції РІТ-1				Різниця (v = 105)
	АВ (n = 35)		ВВ (n = 72)		
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Cv, %	
Надій за 305 днів, кг	12 029 ± 180,0	8,9	11 530 ± 140,3	10,3	+499 ± 228,24*
Вміст жиру, %	3,69 ± 0,005	3,8	3,68 ± 0,005	3,1	+0,01 ± 0,01
Кількість молочного жиру, кг	443,9 ± 6,78	9,0	424,3 ± 5,19	10,4	+19,6 ± 8,54*
Вміст білка, %	3,20 ± 0,007	2,2	3,19 ± 0,004	2,1	+0,01 ± 0,01
Кількість молочного білка, кг	384,9 ± 5,79	8,9	367,8 ± 4,45	10,3	+17,1 ± 7,30*

Примітка: * – $P > 0,95$, порівняно з генотипом BB.

Таблиця 8. Частка впливу генотипу за геном PIT-1 на показники молочної продуктивності голштинських корів-напівсисів у другу лактацію, n = 107

Ознака	Параметри однофакторного дисперсійного аналізу		
	η_x^2 , %	F	P
Надій за 305 днів	4,0	4,34	> 0,95
Вміст у молоці жиру	1,1	1,16	< 0,95
Молочний жир	4,3	4,77	> 0,95
Вміст у молоці білка	2,4	2,59	< 0,95
Молочний білок	4,8	5,24	> 0,95

Примітка: η_x^2 , % – частка впливу досліджуваного фактору; F – критерій Фішера; P – ступінь вірогідності результату.

0,95), кількістю молочного жиру на 19,6 кг ($P > 0,95$) та кількістю молочного білка на 17,1 кг ($P > 0,95$). Різниця за вмістом жиру та білка у молоці статистично не вірогідна.

Величина коефіцієнту варіації основних показників молочної продуктивності за другу лактацію знаходиться в межах 2,1–10,4%, що свідчить про низьку мінливість цих ознак у корів-напівсисів обох дослідних груп.

Досліджено частку впливу генотипу за геном PIT-1 на показники молочної продуктивності дочок бугая-плідника Кашемір Ет 131671771 за другу лактацію (табл. 8).

За 305 днів другої лактації, частка впливу генотипів AB та BB за геном PIT-1 на надій, кількість молочного жиру та білка виявилась у межах 4,0–4,8% за $P > 0,95$, а на вміст жиру та білка в молоці – 1,1–2,4% за $P < 0,95$.

Таким чином, голштинські корови гетерозиготного генотипу AB за геном гіпофізарно-специфічного фактору транскрипції PIT-1 мають більший надій, вихід молочного жиру та білка за статистично значущого результату ($P > 0,95$ –0,999), порівняно, з ровесницями гомозиготного генотипу BB.

Досліджено вплив комплексних генотипів за генами GH і PIT-1 на основні показники молочної продуктивності корів-напівсисів у розрізі двох лактацій.

Дочки бугая-плідника Кашемір Ет розподілились за такими комплексними генотипами: LL/AB – 41 гол. (30,15%), LL/BB – 80 гол. (58,82%) та LV/BB – 8 гол. (5,88%). Внаслідок малочисельності вибірок за комплексними генотипами LL/AA – 3 гол. (2,20%), LV/AB – 2 гол. (1,47%), VV/AB – 1 гол. (0,74%), VV/BB – 1 гол. (0,74%), ми не вивчали показники молочної продуктивності цих представниць. Не виявлено тварин за комплексними генотипами LV/AA та VV/AA.

Аналіз продуктивних якостей голштинських корів-напівсисів різних комплексних генотипів за 305 днів першої лактації представлено в таблиці 9.

Встановлено, що корови генотипу LL/AB виявили перевагу над представницями генотипу LV/BB за надоем на 1 194 кг ($P > 0,999$), за кількістю молочного жиру та білка, відповідно на 43,8 кг ($P > 0,999$) та 38,8 кг ($P > 0,999$). А корови генотипу LL/BB перевищили представниць генотипу LV/BB за надоем на 833 кг ($P > 0,99$), кількістю молочного жиру та білка, відповідно на 29,7 кг ($P > 0,99$) та 26,4 кг ($P > 0,99$). За якісним складом молока у тварин різних комплексних генотипів різниця статистично не вірогідна.

Величина коефіцієнту варіації основних показників молочної продуктивності за другу лактацію знаходиться в межах 2,2–10,5%.

Таблиця 9. Молочна продуктивність голштинських корів-напівсисів різних комплексних генотипів за першу лактацію

Ознака	Комплексний генотип корів					
	LL/AB (n = 41)		LL/BB (n = 80)		LV/BB (n = 8)	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Cv, %
Надій за 305 днів, кг	9 783 $\pm$ 152,9***	10,0	9 422 $\pm$ 109,4**	10,4	8 589 $\pm$ 256,7	7,9
Вміст жиру, %	3,67 $\pm$ 0,005	3,8	3,66 $\pm$ 0,005*	3,1	3,67 $\pm$ 0,008	3,5
Кількість молочного жиру, кг	359,0 $\pm$ 5,68***	10,1	344,9 $\pm$ 4,04**	10,5	315,2 $\pm$ 9,46	7,9
Вміст білка, %	3,18 $\pm$ 0,006	2,2	3,17 $\pm$ 0,004	2,2	3,17 $\pm$ 0,013	2,1
Кількість молочного білка, кг	311,1 $\pm$ 4,90***	10,1	298,7 $\pm$ 3,47**	10,4	272,3 $\pm$ 8,37	8,1

Примітка: * – $P > 0,95$, ** – $P > 0,99$, *** – $P > 0,999$, порівняно з генотипом LV/BB.

Таблиця 10. Частка впливу різних комплексних генотипів на показники молочної продуктивності голштинських корів-напівсисів за першу лактацію, n = 49

Ознака	Параметри однофакторного дисперсійного аналізу		
	η_x^2 , %	F	P
Надій за 305 днів	18,3	10,55	> 0,99
Вміст у молоці жиру	2,7	1,30	< 0,95
Молочний жир	17,7	10,09	> 0,99
Вміст у молоці білка	2,2	1,05	< 0,95
Молочний білок	19,0	11,06	> 0,99

Примітка: η_x^2 , % – частка впливу досліджуваного фактору; F – критерій Фішера; P – ступінь вірогідності результату.

Таблиця 11. Молочна продуктивність голштинських корів-напівсисів різних комплексних генотипів за другу лактацію

Ознака	Комплексний генотип корів					
	LL/AB (n = 33)		LL/BV (n = 64)		LV/BV (n = 8)	
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Cv, %
Надій за 305 днів, кг	12 037 $\pm$ 190,8**	9,1	11 643 $\pm$ 148,2**	10,2	10 607 $\pm$ 361,1	8,3
Вміст жиру, %	3,69 $\pm$ 0,005	3,8	3,68 $\pm$ 0,008	3,1	3,70 $\pm$ 0,019	3,5
Кількість молочного жиру, кг	444,2 $\pm$ 7,19**	9,3	428,5 $\pm$ 5,51*	10,3	392,5 $\pm$ 13,26	8,3
Вміст білка, %	3,20 $\pm$ 0,007	2,3	3,19 $\pm$ 0,005	2,2	3,19 $\pm$ 0,015	2,1
Кількість молочного білка, кг	385,2 $\pm$ 6,14**	9,2	371,4 $\pm$ 4,68**	10,1	338,4 $\pm$ 12,00	8,7

Примітка: * – P > 0,95, ** – P > 0,99, *** – P > 0,999, порівняно з генотипом LV/BV.

Таблиця 12. Частка впливу різних комплексних генотипів на показники молочної продуктивності голштинських корів-напівсисів за другу лактацію, n = 40

Ознака	Параметри однофакторного дисперсійного аналізу		
	η_x^2 , %	F	P
Надій за 305 днів	21,0	10,11	> 0,99
Вміст у молоці жиру	2,2	0,62	< 0,95
Молочний жир	20,3	9,66	> 0,99
Вміст у молоці білка	2,3	0,88	< 0,95
Молочний білок	21,9	10,65	> 0,99

Примітка: η_x^2 , % – частка впливу досліджуваного фактору; F – критерій Фішера; P – ступінь вірогідності результату.

Однофакторним дисперсійним аналізом встановлено значний і достовірний вплив різних комплексних генотипів на показники молочної продуктивності голштинських корів-напівсисів за 305 днів першої лактації (табл. 10).

Частка впливу комплексних генотипів на надій за 305 днів другої лактації, кількість молочного жиру та білка виявилась значною і перебувала в діапазоні 17,7–19,0% за P > 0,99. Найменш суттєвий вплив комплексних генотипів спостерігався на вміст жиру та білка в молоці, він був у межах 2,7–2,2% за P < 0,95.

Молочна продуктивність за 305 днів другої лактації голштинських корів різних комплексних генотипів представлена у таблиці 11.

Корови генотипу LL/AB виявили перевагу над представницями генотипу LV/BV за надоем на 1430 кг (P > 0,99), за кількістю молочного жиру та білка, відповідно на 51,7 кг (P > 0,99) та 46,8 кг (P > 0,99). А корови генотипу LL/BV перевищили представниць генотипу LV/BV за надоем на 1036 кг (P > 0,99), кількістю молочного жиру та білка, відповідно на 36,0 кг (P > 0,95) та 33,0 кг (P > 0,99). За якісним складом молока у тварин різних комплексних генотипів різниця статистично не вірогідна.

Досліджено частку впливу різних комплексних генотипів на показники молочної продуктивності дочок бугая-плідника

Кашемір Ет 131671771 за другу лактацію (табл. 12).

Частка впливу комплексних генотипів на надій за 305 днів другої лактації, кількість молочного жиру та білка виявилась значною і перебувала в діапазоні 20,3–21,9% за P > 0,99. Найменш суттєвий вплив комплексних генотипів спостерігався на вміст жиру та білка в молоці, він був у межах 2,2–2,3% за P < 0,95.

Обговорення

Досліджено вплив генотипів за генами GH і PIT-1 на основні показники молочної продуктивності корів. Так повідомленням Chernenko & Gubarenko (2014) голштинські корови генотипу LL за геном гормону росту GH та генотипу AB гіпофізарно-специфічного фактору транскрипції PIT-1 мають більший надій, вихід молочного жиру та білка за статистично значущого результату (P > 0,95–0,999). Визначено, що найбільш виразний підвищуючий ефект основних показників молочної продуктивності має парний генетичний комплекс LL/AB. Також визначено, що частка впливу фактору комплексного генотипу на надій за 305 днів перших двох лактацій, вихід молочного жиру та білка знаходиться в діапазоні 26,6–30,2% за P > 0,999. Гомозиготність LL за геном GH у поєднанні з геноти-

пами АВ та ВВ за геном PIT-1 у розрізі перших двох лактацій супроводжується вищими надоями ($r = +0,503...0,505$ за $P > 0,999$), більшою кількістю молочного жиру ($r = +0,503...0,505$ за $P > 0,999$) і молочного білка ($r = +0,520...0,530$ за $P > 0,999$). Проте подібні дослідження на коровах-напівсибсах раніше не проводились. Отримані результати корів-напівсибсів дочок голштинського бугая-плідника Кашеміра 131671771, підтвердили найбільш виразну лактотропну, жиростимулюючу та білоксинтезувальну функцію генів саме при комплексному поєднанні гомозиготного генотипу LL за геном GH з генотипами АВ та ВВ за геном PIT-1 за перші дві лактації.

Наші дані частково співпадають з результатами Lechniak et al. (2002), де оцінювали вплив чотирьох генотипів з одним локусом (LL, LV, AA і АВ) і чотирьох генотипів з двома локусами (AA/LL, AA/LV, АВ/LL і АВ/LV). Генотип АВ показав перевагу над гомозиготами AA за вмістом жиру і білка. Ніяких істотних зв'язків між поліморфізмом GH і функцією відтворення не виявлено. Аналіз впливу дволокусного генотипу показав, що генотипи АВ/LL і АВ/LV були пов'язані з вищими значеннями вмісту жиру (АВ/LV) і білка в молоці корів (АВ/LV і АВ/LL).

У дослідженнях Kalashnikova et al. (2019), виконаних на племінних високопродуктивних коровах холмогорської породи та ще раніше (Shariflou, 2000) на австралійських голштинських коровах також виявлено лактотропну, жиростимулюючу та білоксинтезувальну функцію генотипу LL, що пов'язують із діяльністю алелі форми L.

У корів Карпатського регіону України збільшення надойв (15,0%, $P < 0,001$) та вмісту білка в молоці (0,06% за $P < 0,01$) виявлено у представниць генотипу LL за геном GH (Krupin & Shakirov, 2019).

За твердженням Molee et al. (2015) та Metin Kiyici et al. (2019) ген GH може бути придатним, як генетичний маркер для наросування виробництва молока корів. Проте Sabour & Lin (1997), у свою чергу, встановили, що V алель гена GH виявляла кращу лактотропну функцію для підвищення надою молока, отриманого від корів. Тоді як Shariflou et al. (2000) відзначає більший внесок саме алеля L у наросуванні надойв у стаді корів. Інші науковці (Lucy et al., 1993) дійшли такої ж думки у відношенні молочної продуктивності голштинських корів у Росії. Проте Akyuz et al. (2015) повідомляють, що збільшення надойв у корів з генотипом LL гена GH спостерігалось лише за першу лактацію. Разом з цим Kovács et al. (2006) та Balogh et al. (2008) повідомляють, що вища молочна продуктивність спостерігається у корів саме генотипу LV.

На відсутність будь-якого зв'язку між генотипами за геном GH вказує Hradecká et al. (2008), у той час як у інших дослідженнях Krupin & Shakirov (2019), найбільшими надоями характеризувались корови німецької голштинської породи з генотипом LL гена GH. Повідомляють про підвищену білоксинтезувальну функцію генотипу LL у корів за геном GH (Dybus, 2002). Проте у дослідженнях Krupin & Shakirov (2019) молочні корови з гомозиготним генотипом VV характеризувались найвищим вмістом білка у молоці. Уточнюється, що генотип LV більше визначає загальний вміст жиру в молоці, а генотип VV більше визначає структуру жирової фракції.

З наведених даних слідує, що наукова дискусія про особливості локусів генів GH і PIT-1 щодо їх лактотропної, білоксинтезувальної та жиростимулюючої функції у корів різних порід і лактацій триває.

Висновок

Найбільш виразний підвищуючий ефект основних показників молочної продуктивності мають парні комбінації генів GH та PIT-1. Визначено, що частка впливу фактору комплексного генотипу на надій за 305 днів перших двох лактацій, вихід

молочного жиру та білка знаходиться в діапазоні 26,6–30,2% за $P > 0,999$. Гомозиготність LL за геном GH у поєднанні з генотипами АВ та ВВ за геном PIT-1 у розрізі перших двох лактацій супроводжується вищими надоями ($r = +0,503...0,505$ за $P > 0,999$), більшою кількістю молочного жиру ($r = +0,503...0,505$ за $P > 0,999$) і молочного білка ($r = +0,520...0,530$ за $P > 0,999$). Статистично вірогідний, прямий кореляційний зв'язок, середній за силою, дає підставу вважати, що застосування генетичних маркерів, зокрема генів гормону росту GH та PIT-1 буде ефективним для відбору, підбору та подальшого формування високопродуктивного стада у напрямку підвищення показників молочної продуктивності.

References

- Akyuz, B., Agaoglu, O. K., Akcay, A., & Agaoglu, A. R. (2015). Effects of DGAT1 and GH polymorphism on milk yield in Holstein cows reared in Turkey. *Slovenian Veterinary Research*, 52, 185–191.
- Balogh, O., Szepes, O., Kovacs, K., Kulcsar, M., Reiczigel, J., Alcazar, J. A., Keresztes, M., Febel, H., Bartyik, J., Fekete S. Gy., Fesus, L., & Huszenicza, G. (2008). Interrelationships of growth hormone AluI polymorphism, insulinresistance, milk production and reproductive performance in Holstein-Friesian cows. *Veterinárni Medicina*, 53(11), 604–616.
- Burkat, V. P., Kopylov, K. V., & Kopylova, K. V. (2009). DNK-diagnostyka velykoyi rohatoyi xudoby v systemi genomnoyi selekciyi [DNA diagnostics of cattle in the system of genomic selection]. Kyiv, 112 (in Ukraine).
- Chernenko, O. M. (2010). Efektyvnist dovichnogo vykorystannya koriv riznyx typiv stresostijkosti [The effectiveness of lifelong use of cows of different types of stress resistance]. *Visnyk Agramoyi Nauky Prychornomorya*, 1(52), 107–112 (in Ukraine).
- Chernenko, O. M., & Chernenko, O. I. (2018). Economic trait of cows with different duration of prenatal growth period. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 6(3), 23–28.
- Chernenko, O., & Gubarenko, N. (2014). Vplyv genotypu za genamy GH та PIT-1 na molochnist golshyntynskyx koriv [Influence of GH and PIT-1 gene genotype on milk yield of Holstein cows]. *Tvarynnycztvo Ukrayiny*, 11, 31–35 (in Ukraine).
- Chernenko, O. M., & Shulzhenko, N. M. (2011). Adaptacijna zdattist koriv riznyx typiv stresostijkosti do zminy temperaturnyx umov dovkilliya [Adaptive ability of cows of different types of stress resistance to changes in ambient temperature conditions]. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 13, 4(50), 331–336 (in Ukraine).
- Dahl, G. E. (2020). Physiology of lactation in dairy cattle—challenges to sustainable production. *Animal Agriculture*, 121–129.
- Dekkens, C. (2004). Commercial application of marker- and gene-assisted selection in livestock: Strategies and lessons. *Journal of Animal Science*, 82(13), 313–328.
- Dybus, A. (2002). Associations between Leu/Val polymorphism of growth hormone gene and milk production traits in Black and White cattle. *Archives Animal Breeding*, 45(5), 421–428.
- Gibson, K. D., & Dechow, C. D. (2018). Genetic parameters for yield, fitness, and type traits in US Brown Swiss dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 101(2), 1251–1257.
- Hoj, S., Fradholm, M., & Larsen, N. (1993). Growth hormone gene polymorphism associated with selection for milk fat production in lines of cattle. *Animal Genetics*, 24(2), 91–95.
- Hradecká, E., Čítek, J., Paníček, L., Řehout, V., & Hanusová, L. (2008). The relation of GH1, GHR and DGAT1 polymorphisms with estimated breeding values for milk production traits of German Holstein sires *Czech Journal of Animal Science*, 53(6), 238–246.

- Kalashnikova, L. A., Khabibrakhmanova, Y. A., Bagal, I. E., Yaluga, V. L. & Progerin, V. P. (2019). Ocenka polimorfizma kompleksnyh genotipov CSN3, LGB, PRL, GH, LEP i molochnoj produktivnosti u holmogorskih korovju. *Molochnoe i Miasnoe Skotovodstvo*, (2).
- Kovács, K., Völgyi-Csík, J., Zsolnai, A., Györkös, I., & Fésüs, L. (2006). Associations between the Alul polymorphism of growth hormone gene and production and reproduction traits in a Hungarian Holstein-Friesian bull dam population. *Archives Animal Breeding*, 49(3), 236–249.
- Krupin, E. O., & Shakirov, Sh. K. (2019). Influence of CSN3, LGB, PRL, GH, TG5 genes alleles on dairy productivity and energy value of cow's milk. *Carpathian Journal of food science and technology*, 11(4), 104–115.
- Lagziel, A., Lipkin, E., Ezra, E., Soller, M., & Weller, J. I. (1999). AnMspI polymorphism at the bovine growth hormone (bGH) gene is linked to a locus affecting milk protein percentage. *Animal Genetics*, 30(4), 296–299.
- Lechniak, D., Strabel, T., Przybyła, D., Machnik, G., & Świtoński, M. (2002). GH and CSN3 gene polymorphisms and their impact on milk traits in cattle. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 11(1), 39–45.
- Lucy M., Hauser S., & Eppard P. (1993). Variants of somatotropin in cattle: gene frequencies in major dairy breeds and associated milk production. *Domestic Animal endocrinology*, 10(4), 325–333.
- Maletić, M., Papričić, N., Lazarević, M., Hodžić, A., Davidović, V., Stanišić, L., & Stanimirović, Z. (2019). Insight in leptin gene polymorphism and impact on milk traits in autochthonous busha cattle. *Acta Veterinaria*, 69(2), 153–163.
- Maskur, R., & Arman, C. (2014). Association of a novel single nucleotide polymorphism in growth hormone receptor gene with production traits in Bali cattle. *Italian Journal of Animal Science*, 13(4), 3461.
- Metin Kiyici, J., Arslan, K., Akyuz, B., Kaliber, M., Aksel, E. G., & Çinar, M. U. (2018). Relationships between polymorphisms of growth hormone, leptin and myogenic factor 5 genes with some milk yield traits in Holstein dairy cows. *International Journal of Dairy Technology*, 72(1), 1–7.
- Molee, A., Poompramun, C., & Mernkrathoke, P. (2015). Effect of casein genes - beta-LGB, DGAT1, GH, and LHR - on milk production and milk composition traits in crossbred Holsteins. *Genetics and Molecular Research*, 14(1), 2561–2571.
- Mylostyyvi, R., Chernenko, O., & Lisna, A. (2019). Prediction of comfort for dairy cows, depending on the state of the environment and the type of barn. Monograph: Development of Modern Science: The Experience of European Countries and Prospects for Ukraine.
- Patel, J. B., & Chauhan, J. B. (2018). Computational analysis of non-synonymous single nucleotide polymorphism in the bovine cattle kappa-casein (CSN3) gene. *Meta Gene*, 15, 1–9.
- Sabour, M. P., Lin, C. Y., & Smith, C. (1997). Association of genetic variants of bovine growth hormone with milk production traits in Holstein cattle. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 114(1-6), 435–442.
- Safina, N. (2018). Characterization of biological efficiency and full value of milk productivity in holstein heifers with different leptin (LEP) genotypes. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*, (4), 131 – 134 (in Russian).
- Shaidullin, R. R., & Ganiev, A. S. (2017). Complex influence of CSN3 and DGAT1 gene polymorphism on milk productivity of black-spotted cattle. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 1(37), 156–159.
- Shariflou, M. R., Moran, C., & Nicholas, F. W. (2000). Association of the Leu127 variant of the bovine growth hormone (bGH) gene with increased yield of milk, fat, and protein in Australian Holstein-Friesians. *Australian Journal of Agricultural Research*, 51(4), 515.
- Sullivan, P. (2019). International genomic evaluation methods for dairy cattle. *Burleigh Dodds Series in Agricultural Science*, 475–502.
- Trakovická, A., Vavříšínová, K., Gábor, M., Miluchová, M., Kasarda, R., & Moravčíková, N. (2019). The impact of diacylglycerol O-acyltransferase 1 gene polymorphism on carcass traits in cattle. *Journal of Central European Agriculture*, 20(1), 12–18.
- VanRaden, P. M., & Sullivan, P. G. (2010). International genomic evaluation methods for dairy cattle. *Genetics Selection Evolution*, 42(1).
- Williams, D. (2019). Stress and its effects on cattle. *Beef Cattle Science Handbook*, 535–538.
- Zhao, Q., Davis, M. E., & Hines, H. C. (2004). Associations of polymorphisms in the Pit-1 gene with growth and carcass traits in Angus beef cattle. *Journal of Animal Science*, 82(8), 2229–2233.
- Zwierzchowski, L., Krzyzewski, J., & Strzalkowska, N. (2002). Effects of polymorphism of growth hormone (GH), Pit-1, and leptin (LEP) genes, cow's age, lactation stage and somatic cell count on milk yield and composition of Polish Black and White cows. *Animal Science Papers and Reports*, 20 (4), 213–227.